環境安全

平成19年度
機械安全の実現のための促進方策に
関する調査研究報告書 1

－機械安全専門人材の活用及び育成方策に係る調査研究－

平成20年３月

社団法人　日本機械工業連合会

この講演会は、競輪の補助金を受けて開催するものです。

http://ringring.keirin.go.jp

序

当会は、経済産業省、日本自転車振興会及び関係団体のご協力を得て、「機械安全の標準化事業」と「機械安全の推進事業」に取り組んでおります。

これは、機械安全の国際標準化活動における国内審議団体としての使命を果たすとともに、その普及活動を通じて我が国における機械安全の確保に貢献しようとするものであります。

機械安全は、EUにおけるCEマーキング制度の発足を契機に、関連するEN規格が制定され、これに基づく国際規格化が進められるなど、世界的にもその重要性が認知されてきております。

我が国においても、平成13年には厚生労働省から「機械の包括的な安全基準に関する指針」が出されましたが、更に平成18年には労働安全衛生法の改正により、機械設備に対するリスクアセスメント等の実施が努力義務化されるなど、安全性確保に国際標準の考え方を取り入れた取組が従来以上に求められるようになってまいりました。

こうした情勢に対応するには、機械安全に係る専門技術者の役割が大変重要であり、その育成と活用策についての検討が喫緊の課題であります。このため、平成 17 年度に当会の機械安全推進特別委員会の下に機械安全技術者資格制度検討部会を立ち上げ、平成 18 年度までこれに係る調査、検討を進めてまいりました。

平成 19 年度は同特別委員会の下に機械安全人材部会を立ち上げ、平成 18 年度までの成果を踏まえ、安全人材のプロフィールと職務の明確化に関して、機械ユーザ及び機械メーカの組織構造上要求される機能を果たせる安全専門人材のあるべき姿を、具現化するべく調査、検討を実施いたしました。

本報告者は、機械製造企業が機械安全へ取り組む一助となるよう、「機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）」としても同時に取り纏めたものです。

本報告書が、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成 20 年 3 月　　　　社団法人日本機械工業連合会

会 長　金 井　務

はじめに

機械安全に関しては、ヨーロッパ（EU）を中心にISO/IEC国際標準により安全の基本概念から個別機械の安全にいたるまで、体系化された標準が構築されている。これは中国を含むアジア各諸国においても、世界的な安全確保の共通認識となってきている。我が国では、機械を使用する人間の教育で安全性確保の対策が中心であったため、機械による安全対策を中心とする国際標準の考え方が未だ浸透していないのが現状である。しかし、国際競争力を維持するためにも機械安全の本質を理解し、特に設計開発部門、生産部門における安全専門家の役割、機能は今後も益々重要性が高まると思われる。

機械安全専門家の機能、職務を明確にし、有効活用することを実現するためには、企業経営者の理解、社会基盤の整備、教育制度など多くの解決しなければならない課題がある。本報告書は特に優先して解決すべき課題について、機械設備ユーザ及び機械設備メーカの設計から設置・稼働までの工程において、討議を重ね方策案をより明確に提案したものとなっている。

機械安全専門人材に関して3年度継続的に行ってきたが、本年度立ち上げた機械安全人材部会において積み重ねた議論を、本報告書中に取り纏めた「機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）」を以て、一応の終了とした。本提言（ガイドライン）は、改正労働安全衛生法の施行による機械設備のリスクアセスメントの努力義務化への対応、及び安全専門人材の役割・機能に対するより深い理解に寄与するものと期待する。

機械安全人材部会
主査 川 池　襄

機械安全人材部会　委員名簿

（敬称略、委員氏名五十音順）

	所属・職位	氏名
主査	労働安全コンサルタント	川池　　襄
委員	大日本インキ化学工業(株)　レスポンシブル・ケア部　安全管理担当部長	梶岡　圭一
	日立建機(株)　生産・調達統括本部　品質保証センタ　品質管理グループ　部員	杉　　　明
	テュフラインランドジャパン(株)　テクノロジーセンター　ビジネスデベロップメント　シニアマネージャー	杉田　吉広
	パナソニックファクトリーソリューションズ(株)　R＆Dセンター　R＆D企画グループ　技術企画1チーム　主事	杉原　健治
	旭硝子(株)　社会環境室　統括主幹	高岡　弘幸
	長岡技術科学大学　システム安全　工学系　客員教授	蓬原　弘一
	(株)IHI　技術開発本部　生産システム推進部　部長	松前　嘉昭
	技術コンサルタント　技術士	松本　俊次
	(株)ブリヂストン　安全管理部　主任部員	水野　恒夫
	トヨタ自動車(株)　安全健康推進部　部付　主幹	宮川　光雄
	中央労働災害防止協会　技術支援部　次長	毛利　　正
事務局	(株)三菱総合研究所　技術安全マネジメントグループ　専門部長　主席研究員	首藤　俊夫
	(株)三菱総合研究所　技術安全マネジメントグループ　主任研究員	土屋　正春
	(株)三菱総合研究所　技術安全マネジメントグループ　研究員	平川　幸子
	(株)三菱総合研究所　技術安全マネジメントグループ　研究員	美濃　良輔
	(社)日本機械工業連合会　事務局長兼標準化推進部長	石坂　　清
	(社)日本機械工業連合会　標準化推進部課長	吉田　重雄

（2008 年 3 月 1 日　現在）

目　次

図 表 目 次

1. 調査研究の概要

1.1 背景と目的

機械の安全性確保については、ISO/IEC 国際標準により、安全の基本概念から個別機械の安全性にいたるまで、体系化された標準が構築されている。この体系化された考え方が、最近では、欧米はもとより、日本を除くアジア諸国においても浸透しつつある。

我が国の機械産業が、今後も国際市場をリードしていくために、また、我が国の産業事故の削減に貢献していくためにも、機械安全を確保し国際安全標準の考え方に対応していくことが必要とされる。こうした中で、平成 17 年 11 月に労働安全衛生法が改正され、機械設備に対するリスクアセスメントとこれを踏まえたリスク低減対策を実施することが努力義務とされたが、これが機械設備メーカに対しても間接的に国際標準の考えに則った機械安全の取り組みを促すことになっている。しかしながら、我が国では、一般に企業における機械安全に関する取り組みは遅れており、実施にあたって多くの困難が予想され、その一つに人材の確保と活用方策の構築がある。

機械安全人材は、現状では圧倒的に不足しており、早期の人材育成が必要とされる。本事業では、機械安全人材を短期的に効率よく育成する手段と、その人材の活用を図り機械安全を確実に確保する方法について調査検討を行い、機械関連企業の参考に供するとともに、取り組みの加速につなげることを目的として調査研究を行なった。なお、調査研究にあたっては、前年度に実施した機械安全人材資格制度に関する調査研究の成果を参考とした。

1.2 調査研究項目

(1) 機械安全人材の活用場面とミッションに関する検討

機械安全人材が活用される場面及びミッションについて、企業活動の一連の業務フロー及びマネジメントシステムを踏まえて検討する。

- 平成 18 年度「機械安全人材資格制度に関する調査研究」[1]において提示されている業務フローに基づき、各々のミッションをより詳細化する形で検討する。
- 活用場面の検討に関しては、職務権限の強化とともに人事評価制度への対応の在り方についても検討を行う。

(2) 機械安全人材の専門能力の育成方法に関する検討

機械安全人材の供給源と、活用先の業務内容、機械安全人材に対して各企業が求める専

[1] 社団法人日本機械工業連合会、平成 18 年度機械安全技術者の資格制度と育成方策に関する調査研究報告書、平成 19 年 3 月

門性レベル等を勘案し、専門能力の育成方法を検討する。

- 既存の人材供給源と各企業が求める専門性のレベルを比較し、現状の機械安全人材育成に不足している能力等について検証する。
- 外部の研修・教育機関に関する調査を行い、産業界のニーズと教育機関等の教育機能に乖離がある場合の教育方法を検討する。
- 産業界における、現状のニーズに加えて将来的に必要とされる研修・教育機関の機能について検討する。

(3) 機械安全人材の供給源についての検討

機械安全人材の供給源を整理し、育成方法を検討する。活用先において必要とされる職務と関連づけて、短期、長期的な方策としてどのような供給源が有効であるかを検討する。

機械安全技術者は、機械を設計開発する機械メーカにおいても、また機械を使用して製品を生産する機械ユーザにおいても必要とされている。機械安全人材の供給源を検討するため、現在の安全技術者の育成方法及び長期的な育成方法や育成計画についての実情や、機械安全人材に求める専門性のレベルを明確にしながら、将来的な育成・供給方法について検討する。

- 平成 18 年度「機械安全人材資格制度に関する調査研究」の検討に基づき想定された安全技術者の職務「セーフティエンジニア」及び「リスクアセッサ」を想定した検討とする。
- 機械ユーザや機械メーカ等において求められる機械安全人材の専門性レベルについて、平成18年度調査の検討をより詳細にし、機械安全人材の職務や求められるスキルのレベルを検討する。
- 国内の大学や産業界等におけるシステム安全や安全学(安全工学、リスク工学等を含む)等の人材養成の動向を調査し、供給源としての有用性を把握する。

(4) 提言・ガイドラインの作成

(1)～(3)の調査検討に基づき、機械安全の実現、促進に取り組む企業の指針となる提言及びガイドラインを作成する。

- ガイドラインにおいては、企業トップの考え方や、企業における安全文化の普及等についても言及することを想定する。
- 企業担当者が機械安全の社内への普及や人材育成の際に利用することを想定し、具体的な人材計画を作成する手引きとして活用できるものにする。

2. 機械安全人材の供給源についての検討

2.1 機械安全人材の供給源に関する論点

日機連の平成 18 年度委託事業「機械安全技術者の資格制度と育成方策に関する調査研究」（以下、平成 18 年度調査研究）での検討事項を基に、本年度の検討部会において議論を進め、機械安全人材の供給源を検討するにあたっての論点を整理した。以下に、整理した論点を示す。

＜機械安全人材の供給源に関する論点＞

- 機械安全人材に求める専門性のレベル
  - 平成 18 年度調査研究で検討した機械安全技術者の職務を想定して検討する。
  - 機械ユーザや機械メーカにおいて求められる機械安全人材の専門レベルについて、職務と求められるレベルを検討する。
- 機械安全人材の育成と活用に向けて有効な供給源
  - 活用先において必要とされる職務との関係から、短期、長期的な方策の検討が必要。
  - 国内外の大学や産業界等におけるシステム安全や安全学等の人材育成動向の調査が必要。

2.2 機械安全専門家の定義

機械安全人材に求める専門性のレベルを検討するにあたっては、その人材が実際の業務においてどのような能力を発揮し、どのように活躍するかを定義することが必要とされる。日機連の機械安全人材部会（以下、人材部会）では、機械安全を実現するために活躍する機械安全人材を、「機械安全専門家」とし、その定義を、「機械安全を実現するための機能を有する技術者」とした。

ここで、機械安全専門家は、機械ユーザや機械メーカにおいて、設計業務、生産技術業務や調達業務を担当し、安全に関する専門的な知識・能力、スキルを持って責務を全うする技術者として想定しており、専任職とは限定せず、他の業務も並行して担当する場合も考えている。ただし、「機械安全専門家」は、あくまで機能を示すものであり、職務を示すものではないとしている。つまり、「安全管理責任者」などの肩書きを持っていたとしても、機械安全を実現する機能を有していない場合は、「機械安全専門家」とは考えないこととした。

機械関連企業は、機械のライフサイクルを考慮すると、「機械ユーザ企業」、「機械製造企業」、「コンポーネント製造企業」の 3 階層に構造化されていると考えることができる。

2.3 海外の安全人材育成動向

2.3.1 アメリカにおける安全教育

アメリカのワシントン大学[2]の工学部[3]で行なっている工学専門家プログラム[4]の中に、「システム安全と信頼性解析」のコースが設けられている[5]。これは、社会人向けの 8 日間のプログラムで、製造業(消費者用製品、設備、航空、原子力)を対象にしたものである。受講料は 2,475 ドルに設定されている。

対象者は、設計部門でリスク評価をする能力を向上させたい安全性に関するエンジニア、信頼性エンジニアとされている。使用するツールとしては、FTA(Fault Tree Analysis)、FMEA(Failure Mode & Effect Analysis)を使用し、その活用方法を身に付けることが目標とされている。

コースの概要としては、以下の内容が示されている。8 日間のコースとしては、非常に密度の濃い内容になっている。

- 概要
  - □ 工学的決定プロセス
  - □ 解析アプローチとテクニック
  - □ 解析のための拘束システム

- 確率論とブール代数
  - □ 確率論の基礎
  - □ 集合論とブール代数
  - □ ブール代数の適用

- システム安全と信頼性解析
  - □ 帰納法と演繹法
  - □ PHA[6]、FMECA[7]、FTA[8]等
  - □ 契約と規律のインターフェース

- 信頼性計測
  - □ 安全性と信頼性の計測
  - □ MTBF[9]
  - □ 故障とハザード率のコンセプト

---

[2] University of Washington：http://www.engr.washington.edu/epp/index.html
[3] College of Engineering
[4] Engineering Professional Program (EPP)
[5] http://www.engr.washington.edu/epp/safety/ssa.html
[6] Primal Hazard Analysis :予備的ハザード解析
[7] Failure Mode Effect and Criticality Analysis :欠陥モード影響致命度解析
[8] Fault Tree Analysis :フォールトツリー解析
[9] Mean Time Between Failure :平均故障間隔

- 統計寿命分布
  - ☐ 安全性と信頼性の有効寿命
  - ☐ 適用と事例

- システム信頼性モデル
  - ☐ 信頼性ブロックダイアグラム
  - ☐ 複雑系システムのモデル
  - ☐ 冗長性
  - ☐ 最短パスを使用した信頼性計算方法

- 信頼性設計
  - ☐ 確率的設計方法
  - ☐ 安全ファクターと信頼性
  - ☐ 感度

- FTA
  - ☐ 定義とシンボル
  - ☐ 論証モデルと調査モデル
  - ☐ 解析プロセス
  - ☐ ガイドラインと基本ルール

- FT[10]構築
  - ☐ 問題のイントロダクション
  - ☐ ワークショップセッション
  - ☐ インストラクターの解答
  - ☐ 設計原則を表現する一般的な結果

- 帰納法
  - ☐ 歴史と適用
  - ☐ FMECA
  - ☐ FHA
  - ☐ PHA

- 信頼性評価と寿命試験
  - ☐ 設計と試験計画
  - ☐ 異なる寿命分布を使用した評価
  - ☐ 試験と信頼間隔の推定

- FT 評価と応用
  - ☐ 量的評価と質的評価
  - ☐ 最小カットセットの展開と扱い
  - ☐ 人間、ソフトウェア、メンテナンスと同様の負担

- 結合帰結モデル
  - ☐ マルチファンクションシステムの FTA
  - ☐ イベントツリーとその他のモデル

---

[10] Fault tree:フォールトツリー

- イベントツリーと FT モデルの結合
- 結合モデルにおける特別なカットセットの考慮

- 追加の設計考察
  - 安全色と信頼性の設計
  - 単一故障システム：動的コンポーネントと受動コンポーネント
  - 共通故障の扱いと原因

- ソフトウェア安全
  - ソフトウェア安全とは何か？
  - なぜソフトウェアが安全性に関係するのか？
  - ソフトウェア安全に関係する問題と落とし穴
  - 安全なソフトウェアを作成するソフトウェア安全プロセスの実行のための機能的アプローチ
  - ソフトウェア安全チェックリスト

2.3.2 オーストラリアにおける安全教育

オーストラリアのニューサウスウエールズ大学(University of New South Wales：UNSW)では、技術とマネジメント能力を持つ労働安全衛生の専門家として活躍する人材を育成することを目的として、安全科学（Safety Science）の教育コースを設定している[11]。

特に機械系の学生に限定するわけではなく、労働安全衛生関係の専門家を希望する学生を幅広く教育することを目的としている。リスクマネジメントの国家規格を作成しているオーストラリアらしく、リスクマネジメントに関して重点をおき時間をとっている。

表 2.3-1 に安全科学コースの教育科目を示す。

表 2.3-1 UNSW 安全科学コースの教育科目

	科目名	単位
STAGE 1	安全・健康・環境	6
	数学	12
STAGE 2	機能解剖学の導入	3
	統計学	3
	人のマネージング	6
	安全・健康・環境のハザード	6
STAGE 2 選択科目	リスクマネジメント	3
	毒物学の基礎	3
	人間工学	6
	スポーツ科学のバイオメカにクス	6
STAGE 3	リスクアセスメントと安全工学	6
	作業場の環境のアセスメント	6
	労働安全衛生	6
STAGE 3 選択科目	労働上の疾病と傷害	3
	リスクマネジメント	6
	危険物質のマネジメント	3
	化学安全と毒物学	3

教育科目の中から、特に機械安全に関係深い科目について、その内容を以下に示す。

[11] http://www.safesci.unsw.edu.au/future/undergraduates.html

(1) 安全・健康・環境のハザード（STAGE 2）

a)　概要

安全・健康・環境のハザードについて紹介する。ハザードしては、自然のハザード、身体的ハザードを含む組織体ハザード、化学ハザード、バイオハザード、人間工学的ハザード、心理的ストレスと管理のハザード。また、リスクマネジメントのコンセプトに関しても説明する。

b)　目的

- ハザードに関して労働安全衛生の専門家と実際にコミュニケーション可能とするに、十分な考え方と用語を理解する。
- ハザードに関して環境の専門家と実際にコミュニケーション可能とするに、十分な考え方と用語を理解する。
- 安全・健康・環境のハザードとリスクと影響について、相互の関係を評価できるようにする。
- 学生のバックグラウンドの領域に関係する安全・健康・環境のハザードの問題を解析できるようにする。

c)　スケジュール

第 1 週　コースの紹介と自然のハザード
第 2 週　自然のハザードのマネージング
第 3 週　ハザードとリスクの考え方
第 4 週　組織体ハザード：身体的ハザード
第 5 週　組織体ハザード：放射
第 6 週　組織体ハザード：化学ハザード：医療化学ハザード
第 7 週　組織体ハザード：化学ハザード：毒物
第 8 週　組織体ハザード：バイオハザード
第 9 週　特別トピック
第 10 週　組織体ハザード：心理的ストレス
第 11 週　組織体ハザード：管理ハザード
第 12 週　マネージング SHE ハザード

(2) リスクアセスメントと安全工学（STAGE 3）

a)　概要

労働安全衛生規則のリスクマネジメントの要求事項と責任についてレビューする。リスクの道程、評価、制御の原則を安全の問題に適用する。作業場の安全に関する主要な問題と、それを制御する方法に精通することを目的としている。問題としては、次のような問題を含む。

手動の材料操作、機械プラントと機器、圧力容器、閉鎖空間、火災と爆発、騒音、全身振動、放射、電気安全、作業場設計、建設の安全。

b)　目的

- オーストラリアの労働安全規則により要求されているマネージャ、エンジニア、安全専門家の責任を説明できるようにする。
- リスクとハザードの考え方を定義し、労働安全衛生規則のリスクマネジメント要求事項と、他のリスクのマネジメントとの統合方法について説明できるようにする。
- 労働安全衛生のリスクを同定し優先順位付けできるようにする。
- 身体的及びバイオメカニカルのハザードから発生するリスクの同定、評価、制御をできるようにする。規則に規定された階層をカバーするリスクの制御を推奨できるようにする。
- 公式の安全モデルを使用して事故を解析できるようにする。
- 身体的及び人間工学的ハザードとその制御に関係する情報を図書館やインターネットから調査し利用できるようにする。
- マネジメントに適用する書式でレポートを作成できるようにする。

c)　スケジュール

第 1 週　リスクマネジメントと法的な責任、作業場のハザードの紹介
第 2 週　労働安全衛生リスクマネジメントの計画、人間工学の紹介
第 3 週　ハザードリスク同定と仕事の安全性解析、作業環境のハザード
第 4 週　定性的リスク評価、人間の能力と限界
第 5 週　閉鎖空間、事故解析
第 6 週　ハザード同定、Hazop、FMEA　プラントと機器のリスク同定と制御
第 7 週　材料強度、圧力容器、人体測定学、身体的制限
第 8 週　傷害のバイオメカにクス、手動ハンドリング、騒音と振動
第 9 週　電気安全、騒音制御
第 10 週　フォールトツリーとイベントツリー、火災と爆発
第 11 週　主流のハザードマネジメント、安全コース、緊急時計画
第 12 週　建設安全、イオン化放射
第 13 週　事故調査と記録、非イオン化放射
第 14 週　ケーススタディ

(3) リスクマネジメント（STAGE 3 選択科目）

a)　概要

不確かさの面からマネジメントの判断を行なうために、機会を最大にし、損失を最小にするためのリスクマネジメントについて議論する。広義はリスクマネジメントのオーストラリア規格 AS4360[12]に示されるマネジメントプロセスの順番に従って行われる。プロジェクトマネジメント、新技術の導入、IT、アウトソーシング、支払責任、安全性、環境のリスクと問題にリスクマネジメントプロセスのステップでツールとテクニックを適用する。学生は、自分が働こうと希望している産業に適するケーススタディや課題の事例を選択することができる。

b)　目的

- リスクマネジメントプロセスのステップを説明できるようにする。
- 組織にリスクマネジメント文化を導入する方法を議論できるようにする。
- 組織が直面する特定のリスクに対してリスクマネジメントプロセスを適用できるようにする。
- リスクの同定と評価に使用するツールの差異について詳しく述べることができるようにする。

c)　スケジュール

第 1 週　リスクとリスクマネジメントの紹介、リスクコミュニケーション
第 2 週　戦略的リスクマネジメントの確立
第 3 週　リスクの同定
第 4 週　定性的リスク解析
第 5 週　過去データからのリスク解析
第 6 週　確率分布
第 7 週　財務モデル、工学モデルを使用したリスク解析
第 8 週　フォールトツリー、イベントツリー、デシジョンツリー
第 9 週　ヒューマンエラーとリスク
第 10 週　リスクエバリュエーションとデシジョンメーキング
第 11 週　リスクトリートメントとリスクファイナンシング
第 12 週　ビジネス継続性マネジメントとリスクリカバリー
第 13 週　リスクマネジメントのモニタリングとレビュー
第 14 週　ケーススタディ

[12] AS/NZS 4360:2004　Risk Management リスクマネジメント

2.3.3 韓国における安全教育

(1) 産業安全技師

韓国の就職情報会社「インクルート」の Web ページ(2003 年)によれば、韓国では、年間 7 兆ウォン（約 8,100 億円 ）に達する産業被害の損失を減らし、国際競争力を強化するために、政府は、常時勤労者 50 人以上 500 人未満の事業場に 1 人、常時勤労者 500 人以上の事業場に 2 人の産業安全技師を置かなければならないことを法律で義務化した。

産業安全および危険管理員として活動する産業安全技師になるためには、専門大学（短期大学）や大学で電気・電子・建築・土木・化学および産業安全工学を専攻して該当資格証明を取得しなければならない。一方、職業訓練学校や技術系学院（予備校・塾）にも産業安全課程が開設されている。なお、韓国では労働安全、機械安全、電気安全、化学安全を含め産業安全と呼んでいる。

産業安全技師の概要について、試験実施機関である 韓国産業人力公団の試験案内のページをもとに紹介する。

- 概要

  生産管理で安全を除いては生産性向上が不可能だという認識の中で産業現場の勤労者を保護して、勤労者が安心して生産性向上に集中できる作業環境を作るために専門的な知識を持った技術人材を養成しようという資格制度である。

- 変遷過程

  1974 年に機械安全技師 1 級、化工安全技師 1 級、電気安全技師 1 級で新設されて、1983 年に産業安全技師 1 級で統合された。さらに 1999 年 3 月に産業安全技師に改正した。

- 遂行職務

  建設業を除いた各産業現場に配属され、産業災害予防計画の樹立に関する事項を随行しながら、作業環境の点検および改善に関する事項、有害および危険防止に関する事項、事故事例分析および改善に関する事項、勤労者の安全教育および訓練に関する業務を遂行する。

- 進路および展望

  機械、金属、電気、化学、木材などすべての製造業社、安全管理代行業社、産業安全管理政府機関、韓国産業安全公団などに就職することができる。安全水準に関して先進国の尺度からみると、韓国の場合、災害率がまだ後進国水準にとどまっていて、これに対する継続的投資の社会的認識を高める必要がある、と考えられている。安全認証対象を拡大してプレス、溶接機など機械･器具でこのような機械･器具の各種防護装置まで安全認証を取得す

るように、産業安全保健法施行規則の改訂による雇用創出効果が期待されている。また、経済の回復局面と安全保健組職の縮小により、産業災害は増加傾向にあり、特に製造業の場合、2007 年初めから前年度の災害率を上回っており、政府は積極的な災害予防政策などに、この資格証取得者に対する需要は増加するだろうと予測している。

(2) 大学の安全工学科

韓国では産業安全技師の資格を取得するには指定の教育機関(大学校の安全工学科等)のカリキュラムを受講しなければならない。韓国にある安全工学に関する大学を一部紹介する。(韓国では、日本の大学に相当する機関を大学校。学部は大学と呼ぶ。)

- 国立 ソウル産業大学校 工科大学 安全工学科 (ソウル特別市)
  http://www.snutsafety.com/ (韓国語)
- 国立 忠州大学校 工科大学 安全工学科 (忠清北道忠州市)
  http://safety.chungju.ac.kr/ (韓国語)
- 国立 全北大学校 工科大学 安全工学科 (全羅北道全州市)
  http://eng.chungbuk.ac.kr/?menunum=138 (韓国語)
- 市立 仁川大学校 工科大学 安全工学専攻 (仁川広域市)
  http://safety.incheon.ac.kr/ (韓国語)
- 湖西大学校 工科大学 安全システム工学科 (忠清北道牙山市)
  http://www.hoseo.ac.kr/safetysystem/ (韓国語)
- 世明大学校 保健安全工学科 (忠清北道堤川市)
  http://healthsaf.semyung.ac.kr/sub_01_01.htm (韓国語)
- 朝鮮大学校大学院 産業工学科 産業安全工学課程 (光州広域市)
  http://ie.chosun.ac.kr/course/course4.php (韓国語)
- 仁済大学校 医生命工学大学 保健安全工学科 (慶尚南道金海市)
  http://home.inje.ac.kr/~ishd/ (韓国語)
- Kundong 大学校 工学系列 ガス安全工学科 (慶尚北道安東市)
  http://www.kundong.ac.kr/~gas (韓国語)

韓国の大学の安全工学科で行われているカリキュラムについて、その特徴やシラバスなどを調査した。以下に、忠州大学校の安全工学科と湖西大学校の安全システム工学科のカリキュラムを紹介する。

(A) 忠州大学校　工科大学　安全工学科

- 学科紹介

安全工学科(Department of Safety Engineering)は、現代の急速な産業発展によって多様化、大型化していく事故から人命、財産、環境を保護し、事故要因及び危険に対する分析と評価能力培って、工学的に問題の解決策を提示できる専門安全技術者の養成を目標としている。

- 主要教育内容

新しい機械、技術の発達が人類に便利さをもたらす反面、新しい事故を起こし、大きな損害をもたらしている。このようなマイナス効果をできる限り小さくすることが安全工学の学生の任務である。したがって本学科では災害から人命と財産を保護するために産業と安全、安全工学の理解を目的とした専攻基礎科目、専門科目である安全工学(機械、電気、化工、建設)を教科課程に開設して安全分野に必要な技術を習得するように教育している。

- 取得資格

産業安全技師、建設安全技師、消防設備技師、産業衛生管理技師、ガス技師、非破壊検査、環境記技師など。

- 卒業後の進路

国立環境研究院、安全保健研究院など安全関連研究所及び損害保険会社の危険管理(Risk Management)研究員、韓国産業安全公団、ガス安全公社などの政府機関及び国営企業、製造業及び建設分野企業の安全環境部、エネルギーを供給管理する韓国ガス公社及び都市ガス会社、安全関連コンサルタント会社、非破壊検査機関、消防設備、建設設備及びエネルギー関連分野の安全管理業務、そして大韓産業安全協会、産業安全本部など安全管理代行機関などすべての産業分野に進出している。

- 学科の自慢

安全工学科(Department of Safety Engineering)は全国の国・公立大学の中で 10 箇所の大学で設置されており、産業安全保健法で規定した安全管理者の資格は「高等教育法による 4 年制大学以上の学校で産業安全関連学を専攻して卒業した者」(第 14 条施行令別表 4、5)、と明示されている。したがって、卒業後、産業安全技師 1 級にあたる安全管理者資格が付与されて安全管理者として高い就業率を誇っている。

学部 1 年生カリキュラム

学年	学期	履修区分	教科	単位	時間
1	1	専門教養	実務英語	3	3
			ベンチャーの創業(起業)	2	2
			職業倫理	3	3
		MSC（基礎科目）	微積分学	3	3
			一般化学 I	3	3
			一般物理 I	3	3
			一般物理実験 I	1	2
		専攻	創意的安全設計	2	2
			小計	20	21
	2	専門教養	英会話 I	3	3
			作文とプレゼンテーション	3	3
			経営学の理解	2	2
		MSC（基礎科目）	一般化学 II	3	3
			一般物理 II	3	3
			一般物理実験 II	1	2
			安全科学	3	3
		専攻	SOC 安全	2	2
			小計	20	21

- 創意的安全設計(Creative Safety Design)

  革新的で創意的な設計の概念を設定したときの問題解決に適用する技法を体系的に習得して、当面する問題を解決し、自ら創意的技法が適用できる能力を培う。

- SOC 安全(Safety in Social Overhead Capital)[13]

  社会的共通資本の建設と利用時に発生する安全問題を紹介して相互関連性の中で必ず考えなければならない知識を学習する。

- 安全科学(Safety Science)

  安全工学を勉強するのに必要な科学の原理及び基本的数理概念を確立する。

[13] Social Overhead Capital=社会的共通資本

学部 2 年生カリキュラム

学年	学期	履修区分	教科	単位	時間
2	1	専門教養	特許と知的財産権	2	2
		MSC（基礎科目）	実験安全への案内	2	3
			生活の中の電気磁気	2	2
			C プログラミング	3	3
		専攻	構造工学	3	3
			化学工程安全工学 I	3	3
			安全及び産業災害保険法	2	3
			機械安全	3	3
			小計	20	22
	2	MSC	工業数学	3	3
		専攻	化学工程安全工学Ⅱ	3	4
			化学安全工学 I	3	3
			産業安全管理論	3	3
			電気工学	3	3
			安全心理学	3	3
			建設施工学 I	2	3
			小計	20	22

- 実験安全への案内(Guide to Laboratory Safety)

　実験室環境安全管理規定改定により実験室安全教育は、工学はもちろん保健学などに至る実験室事故を予防するための基本的知識、例えば、われもの注意、安全規則、人体危害性(リスク)などを習得するようにして実験室及び作業場での安全意識を鼓舞する。

- 生活の中の電気磁気(Electromagnetism in Life)

電気と磁気の基礎知識を習得した後、生活の中で起きるさまざまな電気及び磁気現象を理解して応用することができる工学的問題認識及び解決能力を培う。

- C プログラミング(C Language Programming)

安全工学に関する諸般の問題のコンピュータ分析及び解釈処理技術を開発する科目で「C 言語」を基盤とするプログラム開発技法に関して講義する。

- 工業数学(Engineering Mathematics)

工学の基礎学問として常微分方程式、ラプラス変換、複素解析、フーリエ変換、偏微分方程

式、数値解析などを理解し安全工学の学問を深化させる。

- 構造工学(Structural Engineering)

  構造物の特性と外部条件との相互挙動を解釈する方法を習得して、設計及び安全診断に必要な知識を学習する。

- 化学工程安全工学Ⅰ・Ⅱ(Chemical Process Safety Ⅰ,Ⅱ)

  化学工程に対する重要な技術的基本事項を体系的に扱って工程安全の全般的な理論と基礎概念を確立する。

- 安全及び産業災害保険法(Safety and Industrial Insurance Law)

  産業災害を予防して快適な作業環境を維持、増進するための安全法規の遵守と産業災害発生後の勤労者に対する仕事上の災害に関する補償保険の理論的知識を習得する。

- 機械安全 (Mechanical Safety)

  製造業に必要な機械の全般的な基礎知識を習得して、機械の防護装置を理解し、機械による危険防止技術を習得する。

- 化学安全工学Ⅰ・Ⅱ(Chemical Safety Engineering)

  産業の発展による多様な化学物質の取り扱いや製造による災害の危険性を前もって予測する必要がある。毒性物質の漏出に対する保護、物質の性質及び特徴を理解させて、化学物質による産業災害を予防し、各種化学設備の種類及び構造などの原理を理解して安全操作に必要な理論を通じて正常操業が可能にさせ、工程上問題点を明らかにすることができる能力と診断能力を育て、危険を最小化させる。

- 産業安全管理論(Occupational Safety Management)

  産業現場で発生する事故をあらかじめ防止し、災害の損失を最小化するための安全科学科技術に関する基本的知識体系を習得する。

- 電気工学 (Electric Engineering)

  産業の電気設備安全に必要な電気工学の基礎原理から応用分野に至るまで概念を確立することを目標としている。

- 安全心理学 (Safety Psychology)

  人間行動を研究する行動科学として最適の人物、最良の作業、最大の生産効果を得るための学問を研究して、産業体に寄与することができる能力を培う。

- 建設施工学Ⅰ・Ⅱ(Construction Engineering)

建設構造物の種類及び特性、各構造物別施工法、工法別特性の紹介、施工現場構成及び運用、工程管理、工種別施工方法の学習、施工と監理制度を学習する。

学部 3 年生カリキュラム

学年	学期	履修区分	教科	単位	時間
3	1	専攻	熱力学Ⅰ	3	3
			化学安全工学Ⅱ	3	3
			安全人間工学	3	3
			電気安全工学Ⅰ	2	3
			建設安全	3	3
			非破壊工学及び実習	3	4
			危険性評価(Risk Assessment)	3	3
			小計	20	22
	2	専攻	熱力学Ⅱ	3	3
			システム安全分析	3	3
			電気安全工学Ⅱ	3	3
			建設安全設計	3	3
			消防原理及び法規	3	3
			作業環境安全工学	3	4
			CAD/CAM Ⅰ	2	3
			小計	20	22

- 熱力学Ⅰ・Ⅱ(Engineering Thermodynamics)

熱に対する基礎理論と熱力学第 1 法則、第 2 法則、蒸気理論、エネルギー法則及び各種動力サイクルなどを習得させて熱エネルギー利用方法とそれによる安全に対する能力を培う。

- 安全人間工学 (Safety Ergonomics)

安全工学の基礎学習において、実用的効率を高めて人間の価値基準の維持及び向上と人間の特性を理解して人間機械体系を究明し安全効率を追い求める。

- 電気安全工学Ⅰ・Ⅱ(Electric Safety Engineering) 2-1-2.3-3-0

電気安全工学Ⅰは、感電災害、電気作業安全,電気安全管理及び産業安全法の電気法規に関して講義する。電気安全工学Ⅱは、電気火災、電気設備、静電気、電気防爆に関して

講義する。

- 建設安全（Construction Safety）

  建設事業場で発生することができる安全事故の類型と原因を分析してその対策を学習する.また安全な事業場を作るために設置される各種安全施設物と設置方法を習得する.

- 非破壊工学及び実習(Non-destructive Testing Engineering & Practice)

  構造物の強盗に影響を及ぼす材料内部の欠陥を探すための超音波探傷、放射線透過試験、浸透探傷、磁気探傷、渦電流探傷などの原理と実習を通じて技術を習得する。

- 危険性評価（Risk Assessment）

  産業施設の発達で複雑、多様になった工場の生産工程内に潜在している潜在危険(hazard)を確認して危険の程度を被害の影響(consequence)と発生可能性(frequence)を含む危険性(risk)で表現及び制御する諸知識を扱う学問である。

- 建設安全設計（Construction Safety Design）

  建設での設計概要、施設の設計概念及び安全確保、防護施設の設計演習、建設安全で基準とマニュアル作成演習を学習する。

- 消防原理及び法規（Principle of Fire Protection）

  人命と資産を保護しようとする安全工学の観点で、日常生活よく発生する火災に対する知識を習得して火災防止のための基本的知識を習得する。消防安全に対する基本的問題解決能力を研鑽する。

- 作業環境安全工学（Workplace Environmental Safety Engineering）

  産業安全保健法で定める作業環境基準と有害化学物質の作業環境許容基準、作業環境の標準測定及び分析方法を理論と実習を通じて実務に臨むことができる基本能力を培う。

- CAD/CAM Ⅰ・Ⅱ(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)

  コンピュータ応用設計プログラムの理解と設計能力を培って数値制御工作機械の作動法とこれによる諸問題を、実習を通じて学習する。

学部 4 年生カリキュラム

学年	学期	履修区分	教科	単位	時間
4	1	専攻	建設施工学Ⅱ	2	3
			消防設備及び設計	3	3
			CAD/CAMⅡ	2	3
			災害事例分析論	3	4
			静電気災害防止工学	3	3
			防爆工学	3	3
			破壊力学	2	3
			機械安全 Capstone デザインⅠ	2	3
			電気安全 Capstone デザインⅠ	2	3
			化工安全 Capstone デザインⅠ	2	3
			建設安全 Capstone デザインⅠ	2	3
			システム安全 Capstone デザインⅠ	2	3
			小計	28	37
	2	専攻	機械工作安全	3	4
			SOC 防災学	3	3
			現場実習	2	0
			制御システム	3	3
			安全工学実務	3	3
			消火計測	3	3
			生産性と産業安全	3	3
			機械安全 Capstone デザインⅡ	2	3
			電気安全 Capstone デザインⅡ	2	3
			化工安全 Capstone デザインⅡ	2	3
			建設安全 Capstone デザインⅡ	2	3
			システム安全 Capstone デザインⅡ	2	3
			小計	30	34
合計				178	201

- 消防設備及び設計（Fire Protection Equipments and Design）

消防原論の知識習得を基礎にして火事を防止するための設備の種類、特徴及び原理と設計方法を習得して消防安全分野の工学的知識を磨く。

- 災害事例分析論（Accident Case Analysis）

  作業場の人間的要因,設備的要因 ,環境的要員などで発生する災害原因を分析、評価して対策を提示することで産業災害予防の能力を培う。

- 静電気災害防止工学(Electrostatic Calamity Prevention Engineering)

  精電気帯電の原理、帯電の種類、放電物質の種類など精電気による災害を予防及び対策に対して講義する。

- 防爆工学（Industrial Explosion and Prevention）

  爆発の原理、爆発の時発生するエネルギー、爆発の影響などに対し理解して、火事、爆発予防対策及び火事、爆発の時被害を極小化できる防護対策を講義する。

- 破壊力学(Fracture Mechanics)

  予期しない破壊は、多くの人命と財産上の損失をもたらす。破壊は安全工学で重要な教科目で破壊が発生される根本原因と抑制方法及び破壊力学を利用した設計方法などを講義する。

- 機械工作安全（Manufacturing Process Safety）

  材料を各種方法で変形及び成形して機械を製作するのに必要な理論、方法及び技術を習得させて機械、機構、構造物などの製作に対する安全性と経済性の能力を培う。

- SOC 防災学（Disaster Engineering in SOC）

  社会間接資本の利用時に発生する各種事故を分析して、これを防止するための対処方法を習得する。各種災害原因である地震、台風、洪水などを学習する。

- 現場実習（Field Practices）

  機械、電気、化工、建設などの産業分野で現場実習を通じて安全事故及び産業災害を調査、統計を分析して安全対策を容易に施行することができる実務的な知識を育てる。

- 機械安全 Capstone デザインⅠ・Ⅱ(Capstone Design of Mechanical Safety)

  機械安全の基礎科目及び専門教科目を正確に理解して、これを土台で総合的で実用的な製品を企画、設計、製作することで機械安全の実務能力を培う。

- 電気安全 Capstone デザインⅠ・Ⅱ(Capstone Design of Electric Safety) 2-1-2

  電気工学及び電気安全を満たす電気設備、絶縁に対して応用及びデザインする能力を培う。

- 化工安全 Capstone デザインⅠ・Ⅱ(Capstone Design of Chemical Process Safety)

生産工程の現実的な問題である潜在危険を探して解決するようにチームワーク、問題解決能力、現実感覚、コミュニケーション技術などを学んで創意力向上及び現場適応力を強化する。

- 建設安全 Capstone デザインⅠ・Ⅱ(Capstone Design of Construction Safety)

  建設での設計演習、現場での作業場設計実習、建設安全からポートフォリオ開発を学習する。

- システム安全 Capstone デザインⅠ・Ⅱ(Capstone Design of System Safety)

  システム内の危険性を分析、確認及び評価して危険を予防するための最小化対策を講じて総体的安全生産管理システムをデザインする能力を培う。

(B) 湖西大学校　工科大学　安全システム工学科

- 学科紹介

本学科では、現代の急速な産業発達で大型化していく産業災害を含んだ各種災害を防止して、生命と財産をすべての危険要素から保護して安全性を分析、評価、調節及びこれによる工学的な解決策を提示できる安全専門知識人を養成することを目標としている。

本学科は大型建物、工場、原子力発電所などのシステム安全評価、危険物質の保存・取り扱い輸送技術及び安全新素材応用、設備の故障個所診断及び寿命予測、火事・爆発の災害予防、各種危険兆候及びシミュレーションを通した予測、各種工産品及び製品の安全性確保のための製品安全設計及び製造設備の工程安全性確保、そして建設分野の工学的なアプローチで安全専門知識人を養成することを目的にしている。

また本学科は、韓国機械研究院と共同で「産業安全技術研究センター」を設立し、各種認証試験及び関連政府機関公社と共同で安全分野に関する研究プロジェクトを遂行している。そして、産業安全技師、建設安全技師、危険物産業技師、ガス技師、産業衛生技師、消防技師などの資格証を取得して、各種産業体及び関連機関で幅広く進出している。

- 進路案内

政府官公庁(労動部)　大学教授

国公立研究所及び企業研究所

韓国産業安全公団、韓国ガス公社、韓国ガス安全公社、韓国電気安全公社など多数

大企業安全管理部(三星、LG、大宇、双竜など多数)

その他安全及び消防関連コンサルティングなど

- 資格

産業安全技師、産業衛生管理技師、建設安全技師、ガス技師、消防設備技師(機械、電気）、人間工学技師など

教育課程表 2006 年

教育目標　有能な産業安全技術の養成、産学協同を通じた社会奉仕、災害予防や人間中心の教育及び研究、実用性ある教育及び研究

区分		1 学年			2 学年			3 学年			4 学年			合計
		科目名	1 学期	2 学期	科目名	1 学期	2 学期	科目名	1 学期	2 学期	科目名	1 学期	2 学期	
実務科目		Practical English	2	2										10
		Communication I , II												
		LAB&TOEIC I , II	1	1										
		デジタル情報学 I , II												
		作文とコミュニケーション												
教養課程	基本教養	キリスト教の発見	(2)	2										6+P
		社会奉仕	2											
		礼拝	P	P	礼拝	P	P							
		教授面談指導	0.5	0.5	教授面談指導	0.5	0.5							
		数学 I 及び演習	3	3										
		数学 II 及び演習	3	(3)										
		一般物理 I 及び実験	3	3										
		一般物理 II 及び実験	3	3										
	系列必	一般化学 I 及び実験												21
		一般化学 II 及び実験												
		工学概論 I												

	須	工学概論Ⅱ												
	系列必須				領域別選択	2	2	領域別選択	2	2				8
	小計		20.5	17.5	2.5		2.5							45+P
専攻課程	最小専攻				燃焼学 工業材料 安全統計学 産業安全電算応用 危険物質化学 危険物質化学実験 防火工学 防火工学実験 電気安全工学 電気安全工学実験	3 3 3 3	3 1 3 1 3 1	防爆工学 防爆工学実験 作業環境工学 作業環境工学実験 信頼性工学 信頼性工学実験 品質管理論 工程安全 建設安全工学 機械安全工学	3 1 3 1	3 3 3	材料力学 化学装置安全工学 センサー診断工学 ガス安全工学 安全性評価 安全セミナー システム安全 システム安全実験 生産製造工学 製品安全設計	3 3 3 3	2 1 3 1 3 3	38
	複数専				開設専攻での選択履修			開設専攻での選択履修			開設専攻での選択履修			38

	攻															
	非専攻	非専攻科目開設														21
	一般選択															
合計			134+P													

※　1学年学部基礎科目で「数学Ⅰ及び演習」か「一般物理Ⅰ及び実験」の内、1つを選択。
　「一般化学Ⅰ及び実験」と「一般生物Ⅰ及び実験」の内、1つを選択。

※　学部基礎科目で不足した3単位は最小専攻科目の中から追加で履修することを原則とする。

- 燃焼学(Introduction to Combustion Science)

  燃焼の形式と分類、発火の現象と機構、燃焼の火炎伝播,火山、定置燃焼、液体と固体の不均一な燃焼、気体の爆発効果、燃焼の応用などを講義する。

- 材料力学(Mechanics of Materials)

  産業界で接するような機械要素及び構造物に対する力学的挙動を理解して簡単な設計と実際に応用可能な内容を講義する。

- 工業材料(Industrial Materials)

  産業全分野で広く使われている材料の中で、特に安全分野関連材料の種類、選定方法などに対する全般的な内容を熟知し、現場適用が可能な多様な工業材料の製品とその応用分野に対して学習する。

- 危険物質化学(Hazardous Materials Chemistry)

  産業及び民需用、特に化学工業で手広く使われている危険物質である火薬類、高圧ガス、引火性物質、可燃性物質、酸化性物質、毒性物質、放射性物質、腐食性物質、その他有害性物質などに対する化学的構造、特性,性質、用途、分類方法などを考察して、危険物質の漏出予防及び漏出の時危険性評価と対策、MSDS 作成技法に関する実務を習得する。

- 危険物質化学実験(Hazardous Materials Chemistry Experiment)

  産業及び民需用で使われている各種危険物質に対する化学的組成、特性、性質、用途など基礎安全実験を通じて考察して報告し、危険物質の潜在危険性評価、取り扱い、運送,保存と係わる安全管理技術を習得する。

- 防火工学(Fire prevention Engineering)

  発生する可能性のある火事の種類別メカニズムの究明に対して体系的な火事原因の制御や予防及び進化方法などを講義する。可燃物質の種類別危険性、火事の場所別危険性及び火災時発生する燃焼ガスの危険性とその対策に関して具体的に論じて、消化剤を含んだ建築物内の消化設備、建物内居住者及び消火関連者等の防火、消火及び避難活動などに対して言及する。

- 防火工学実験(Fire prevention Engineering Experiment)

  防火工学に係わる可燃性物質の測定方法、燃焼の限界条件、各種消化剤に対する試験及び評価方法を実習する。

- 電気安全工学(Electrical Safety Engineering)

  電気回路の基礎理論を土台に、現場での電気器機の安全な使い方、電流の人体影響、静電気安全、送配電開通の理解及び事故予防のための対策を講義する。

- 電気安全工学実験(Electrical Safety Engineering Experiment)

  電気安全受講学生のために、前記の基礎知識習得及び現場で良く使われる各種計測器機の使用方法に慣れ、自動化概念に近付くPLCの応用方法を実習する。

- 安全統計学(Safety Statistics)

  社会科学研究方法の基本となる統計を理解し、実際に安全事故事例を分析するために焦点を合わせて講義する。

- 防爆工学(Explosion Protection Engineering)

  爆発の物理的、化学的現象を含めた爆発の概念、分類及び爆発の工学的利用方法などを講義して、爆発の危険性評価方法、爆発の災害防止技術、爆発の計測技術を含んだ防爆器機などを具体的に論ずる。

- 防爆工学実験(Explosion Protection Engineering Experiment)

  爆発に係わる材料の爆発性、爆発限界、最小発火エネルギー、粉じん爆発、蒸気爆発、爆発危険性評価などを実習する.

- 機械安全工学(Machine Safety Engineering)

  産業現場で発生する災害を防止するための装備の概要及び原理、工作機械の作動原理、材料の加工法などの基礎知識を講義する。

- 信頼性工学(Reliability Engineering)

  各種プラントに対する信頼性解釈、故障と破壊の統計的性質、故障データの収集と分析、システムの信頼性、自動制御器機の信頼性解釈などを講義する。

- 信頼性工学実験(Reliability Engineering Experiment)

  信頼性プログラムを通じて、各種プラントに対する信頼性解釈、故障データの分析、システムの信頼性、自動制御器機の信頼性解釈などを実習する。

- 産業安全電算応用(Computer Application to Safety Engineering)

  安全分野では、コンピュータを使って安全異常有無を計算しなければならない場合が多い。この概念の確立のために簡単なシーケンス回路の応用、PLC の応用、プログラミング技法などを順に講義する。この科目を通じてコンピュータの基礎概念及び設備自動化の基本流れを理解する。

- 品質管理理論(Quality Control Theory)

  理論と実際事例を結合して品質管理活動を設計、計画し運営、統制するのに必要な基本的な内容を体系的に講義する。

- 化学装置安全工学(Chemical Devices Safety Engineering)

  化学工場に利用される各種工程、すなわち反応期、分離装置、粉砕、噴気沈澱濃縮、集塵、混合、攪拌などの原理及び構造などを講義し、これら装置に対する安全対策を講義する。

- システム安全(System Safety)

  各種システムの信頼度、故障頻度などを予測するためのさまざまな技法を紹介して検査時間、投資費用などの最適化などを講義する。

- システム安全実験(System Safety Experiment)

  信頼性工学とシステム安全工学で学んだ理論と技法を、実際例を通じて理解する。

- ガス安全工学(Gas Safety Engineering)

  高圧ガス製造作業に対する機器の取り扱いの安全と製造に対する安全問題とボイラーなどの高圧ガス取り扱い装置に対する内容を講義する。

- 建設安全工学(Construction Safety Engineering)

  今日、建設工事はその規模が大きくなり、施工方法が機械化になっているので建設産業災害も大型化している。それに対する安全対策及び管理方法を講義する。

- 安全性評価(Safety Assessment)

  産業現場の安全性評価に対する診断方法、評価リスト、アセスメント、安全対策、安全管理方法などを講義する。

- 作業環境工学(Safety of Work Environment Engineering)

  作業場の環境汚染に関する内容を扱って、作業環境の評価分析能力と環境改善ができるようにし、作業場の環境安全能力を培う。

- 作業環境工学実験(Safety of Work Environment Engineering Experiment)

  産業環境の高度化による粉塵、騒音発生、各種有害物質など作業場環境汚染の原因を、実験を通じて分析して、作業環境要因の予測、測定及び評価をし、作業環境を効果的に改善することができる安全管理技術を習得する。

- 製品安全設計(Product Safety Design)

  各種製品に対する設計上の安全性確保に関する理論及び実際適用技術に対する講義そして製造物責任法(PL: Product Liability)に対する概念及び国内外 PL 法の特徴、比較や PL 法が各産業に及ぶ影響及び対策などを学習する。

- 生産製造工学(Materials and Process in Manufacturing)

  生産システムの基本概要と生産の工程管理、価値、自動化、情報、社会システムに対して講義する。

- センサー診断工学(Sensors and Diagnostics)

  現在では、すべての生産工程の安全設備、消防設備及び保安産業においてセンサーの使用範囲は、日々その領域が拡大している。本講義では各種センサーの原理を体得して、その応用事例を勉強することで各種設備の保護方法あるいは設置運用方法などを講義する。

- 工程安全(Process Safety)

  産業現場で要する業務能力養成に重点を置いて、安全管理業務実務、安全教育実施方法、安全点検方法、産業災害処理の要領など総合的な内容を講義する。

- 安全セミナー(Seminar of Safety)

  安全に係わる全般的な分野に対して決まった主題を決めてセミナー形式と発表を通じて講義を進行する。本科目は学生ひとりひとりの発表能力と討論能力を進める。特に卒論と連携された科目でチーム別作業が進行される。

3. 機械安全人材の専門能力の育成方法に関する検討

3.1 機械安全人材の専門能力の育成方法に関する論点

平成 18 年度調査研究での検討事項を基に、本年度の検討部会において議論を進め、機械安全人材の専門能力の育成方法を検討するにあたっての論点を整理した。以下に、整理した論点を示す。

＜機械安全人材の専門能力の育成方法に関する論点＞

- 機械安全人材に必要とされる専門能力
  - 機械安全専門家として、機械関連企業が必要とされるコンピテンシーを、機械安全専門家の職種を考慮して明確にする。

- 機械安全専門家の育成に向けた取り組み
  - 機械安全専門家を育成するために必要とされる取り組みについて、産業界、大学、国のそれぞれの役割を検討する。

3.2 機械安全人材に必要とされる専門能力

機械安全人材に必要とされる専門能力としては、英国の CASS アセッサの認証制度が知られている。CASS（Conformity Assessment of Safety-related System）は、機能安全国際規格であるIEC 61508[14]の要件を満足した安全製品に対して、認定された第三者認証機関が、適合性評価認証を提供する制度であり、HSE（Health and Safety Executive）が関係して 2001 年に設置されたものである。CASS アセッサは、CASS 認証制度においてアセスメントを実施するアセッサ（検査員）として認められた機械安全の技術者であり、その職務、コンピテンシー[15]、活躍する場面について定められている[16]。

平成 18 年度調査研究において、CASS アセッサの職務と活動領域について調査されており、その中でコンピテンシーについても整理されている。この CASS アセッサのコンピテンシーを基に、我が国の機械安全専門家として必要とされる能力について、人材部会での検討を行い、機械安全専門家の職種ごとにコンピテンシーを整理した。

機械安全専門家の職種については、平成 18 年度調査研究において、セーフティエンジニア、リスクアセッサ、調達エンジニア、ベリフィケータ、バリデータの 5 つの職種に分けて職務を検討した。

---

[14] Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems 電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性 ： Part 1 から Part 7 まで分かれている

[15] competency：能力、力量、適性：ある職務や状況において、期待される業績を安定的・継続的に達成している人材に、一貫して見られる行動・態度・思考・判断・選択などにおける傾向や特性のこと

[16] The CASS Assessor Guide

人材部会では、この職種と職務について改めて検討を進めて見直しを行い、表 3.2-1 に示すように整理した。ここで、平成 18 年度調査研究において「リスクアセッサ」とした職種については、安全性（セーフティ）に関してアセスメントを実施する職種であることから、「セーフティアセッサ」とする方が適当と考え名称を変更することとした。

表 3.2-1 機械安全専門家の職種と職務

職種	職務
セーフティアセッサ	ハザードの洗い出しと、リスクアセスメントの結果をもとに設計者に対し適切なアドバイスを行うために必要な、実践的な知識が求められる。また、セーフティアセッサは設計側と運用側で求められる役割が若干異なる。設計側ではヒューマンファクターズを考慮したアセスメント知識、運用側ではメンテナンスに関する知識が求められる。
セーフティエンジニア	安全性に関する設計方針を定め、設備設計や調達にあたりコンポーネントメーカやサプライヤを取りまとめ、プロジェクトを推進するアーキテクト能力が求められる。また、新たに設計された設備の安全性のチェックを行うために、本質的安全設計とリスクアセスメントの知識と経験が求められる。
調達エンジニア	機械設備、コンポーネントの調達の際に、安全性の側面からの契約締結と契約遂行に必要な法制度の理解や認証制度に関しての知識が求められる。
検証員（ベリフィケータ）	設計された機械設備が要求事項を満たしているかを客観的に調査し、確認するために必要な、仕様書をチェックする能力に加え、リスクアセスメント、認証制度の知識も求められる。
妥当性確認者（バリデータ）	機械設備が要求事項を満たしているかどうかを法制度や使用環境を含め全体的な確認を行うため、幅広い知識が要求される。

なお、検証員（ベリフィケータ）と妥当性確認者は、試験などチームで取り組むべき職務が多いため、チームのコンピテンシーとして捉えてもよい。

機械安全専門家の職種と、CASS アセッサの職務の対応に関しては、平成 18 年度調査報告書 4.1.2 を参照し、表 3.2 2 に示すように対応付けた。

表 3.2-2 機械安全専門家と対応するCASSの職務

機械安全専門家	CASSの職務
設計側セーフティアセッサ	C6 リスクアセスメント、C7 規格適合評価 C8 安全性検証（評価）C12 人間工学技術
運用側セーフティアセッサ	C3 安全関連のシステム維持管理と修正 C6 リスクアセスメント、C8 安全性検証（評価）
セーフティエンジニア	C4 安全関連のシステムあるいはサービスの調達 C6 リスクアセスメント、C9 設計（アーキテクト） C10 ハードウェア設計、C12 人間工学技術
調達エンジニア	C4 安全関連のシステムあるいはサービスの調達
検証員（ベリフィケータ）	C5 独立した評価、C6 リスクアセスメント C7 規格適合評価、C8 安全性検証（評価）
妥当性確認者（バリデータ）	C5 独立した評価 、C6 リスクアセスメント C7 規格適合評価、C8 安全性検証（評価）

機械安全専門家の職種と、それに必要なコンピテンシーを表 3.2-3及び表 3.2-4に示す。なお、分類の際には「知識」と「人間特性（力）」のそれぞれの項目のうち、類似すると考えられるものは、安全工学の科目名上適切な言葉に置き換え整理した。

表 3.2-3及び表 3.2-4に示したコンピテンシーは、機械設備のライフサイクルにおいて主に担当する機械安全専門家が保有することとした。ただし、機械安全専門家は、機械設備の全体的な安全性を確保するために自分が担当する領域以外の他の機械安全専門家とも協力して取り組むことも必要と考えられる。そのため、どの機械安全専門家においても、機械安全の体系を全体的に把握するための概論的な知識は必要だと言える。そこで、リスクアセスメント、安全性試験、工学的安全設計、人間工学、国際規格・規格立案・説明書作成については、概論というコンピテンシーを設け、全ての機械安全専門家に必須な項目とした。また、コンプライアンスの遂行と法令遵守のモニタリングに関しては、社会的責任を果たすために必要なコンピテンシーであることから、これについても全ての機械安全専門家に必須の項目とした。

表 3.2-3 機械安全専門家の職務とコンピテンシー(1/2)

	機能 / コンピテンシー	機械安全専門家の職務	設計側セーフティーアセッサ	運用側セーフティーアセッサ	セーフティーエンジニア	調達エンジニア	検証員(ベリフィケータ)	妥当性確認者(バリデータ)
知識	リスクアセスメント	概論	○	○	○	○	○	○
		危険源の同定	○	○	○		○	○
		危険源の分析	○	○	○		○	○
		危険源の記録の作成と管理	○	○	○		○	○
		安全分析の評価	○	○			○	○
		安全性評価計画の策定	○	○			○	○
		危険源および危険分析の範囲の設定	○	○	○		○	○
		危険源の排除・緩和	○	○	○		○	○
		解決策の評価			○		○	○
		(安全対策)方法選択の評価					○	○
		安全性評価結果の文章化	○	○			○	○
		体系的なアプローチ	○	○	○		○	○
		分析の実施	○	○			○	○
	安全性試験	概論	○	○	○	○	○	○
		試験結果の分析	○	○			○	○
		試験の実施			○			
		試験・分析方法とテクニック	○	○			○	○
		試験の監視と実行	○	○	○		○	○
		結果の管理					○	○
		検査報告の作成					○	○
	工学的安全設計	概論	○	○	○	○	○	○
		デザイン分析						
		ハードウェアデザインの分析			○			
		ハードウェア設計			○			
		工学開発のモニタリング						
		機能的な安全性に関する実践	○	○	○		○	○
		機能的な安全性確保の原則	○	○	○	○	○	○
		安全性必要条件の分割			○			
		変更への対処		○				
	人間工学	概論	○	○	○	○	○	○
		ヒューマンファクターの入力	○		○			
		人間信頼性理論	○		○			
		操作・運転の分析	○		○			
		運転・運用中の情報の管理		○				
		人間行動のモニタリング	○		○			
		複数のシステムからの観点	○		○			
	国際規格・規格立案・説明書作成	概論	○	○	○	○	○	○
		ハードウェアの安全規則と基準			○			
		ソフトウェアの安全規則と基準						
		報告書の記入		○				
		文章のレビュー					○	○
		検査報告の作成					○	○
		メンテナンスと修正手順の開発・向上		○				
	仕様書作成	安全性必要条件の解釈	○		○		○	○
		安全性必要条件の分割	○					
		安全性必要条件の指定	○				○	○
		システムアーキテクチャーの指定			○		○	○
		ソフトウェア試験の指定						
		試験の指定	○	○	○		○	○
		提出書類のチェック				○		○
		エンドユーザーの必要条件の同定	○		○			
		提出書類への安全性必要条件の記載	○	○	○	○	○	○
		契約のチェック			○	○		○
	法制度	法令遵守のモニタリング	○	○	○	○	○	○
	技術者倫理	コンプライアンスの遂行	○	○	○	○	○	○

表 3.2-4 機械安全専門家の職務とコンピテンシー(2/2)

	機能 コンピテンシー	機械安全専門家の職務	設計側セーフティーアセッサ	運用側セーフティーアセッサ	セーフティーエンジニア	調達エンジニア	検証員（ベリフィケータ）	妥当性確認者（バリデータ）
知識	認証制度	安全性必要条件の獲得	○		○	○	○	○
		規制認可の取得			○	○		○
		安全監査		○			○	○
		安全性に関する必要条件の評価	○				○	○
		供給元の監査			○	○		
	システム安全	新しいシステムへの影響		○				
		システム観点	○	○	○		○	○
	プロジェクトマネジメント（工程安全管理）	プロジェクト範囲の設定						
		計画					○	○
		業務分析						
		資源配分		○				
		資源配分の管理						
		手順の向上	○		○			
		維持管理のための計画と安全操業		○				
		安全管理方法の認識						
		プロジェクトの安全性確保計画の遵守						
		安全性確保証拠の供給管理・運用						
		プロジェクト安全保証計画の発展・持続						
	リスクマネジメント	組織システム		○	○	○		
	事故事例分析	インシデントへの対応		○				
	分野別科目	適用分野の知識	○	○	○	○	○	○
	プログラミング	コード解析						
		コーディング						
	未分類	既存システムの分類		○				
		判断の形成					○	○
		範囲と状況の認識					○	○
		正確さと詳細に対する注意	○				○	○
		開放性(情報公開)			○			
人間力	マネジメント力	責任の配分						
		チームマネジメント		○				
		チームワーク	○	○	○		○	○
		スタッフ能力の保証						
	意志決定力	意志決定	○					
	コミュニケーション力	効果的なコミュニケーション	○	○	○	○	○	○
		安全性アドバイスの提供						
	分析力	情報の抽出			○	○	○	○
	交渉力	交渉力			○	○		
	倫理観	法令遵守		○	○			
	論理的思考能力	系統的なアプローチ		○			○	○
		明快さ	○				○	○
		概念的な考えと柔軟性	○		○		○	○
	創造力	必要条件からデザインへの変換			○			
		専門性と品格	○	○	○		○	○

3.3 機械安全専門家の育成に向けた取り組み

機械安全専門家の育成に向けては、大学あるいは産業界で取り組みが行なわれているものの、一つの方向性をもって機械安全専門家の育成を進める状況にはなっていない。機械安全を推進していくためには、「国」、「業界団体」、「機械ユーザ企業」、「機械製造企業」、「大学」といったステークホルダーが、連携しながら機械安全の推進に向けて取り組みを行い、その中で機械安全専門家の育成を進めていくことが必要とされる。機械安全専門家の育成だけが単独で実施されても、育成された専門家の活躍すべき場が存在していなかったり、限られていたのでは、育成のモチベーションが高まらず、どんな育成方策も成功することは無いと考えられる。

機械安全を推進するための各ステークホルダーに望まれる行動指針を検討し、図 3.3-1 に示すようにまとめた。この行動方針の中で機械安全専門家の育成を位置づけることとした。

この行動指針については、付録 A に示す本調査研究で作成したガイドラインの3章に記した。

大学の行動指針
○ 機械安全専門家育成支援（育成プログラム開発、企業研修支援）
－安全専門家育成プログラム等の作成
○ 機械産業界における安全への取り組みの動機付け

機械製造企業の行動指針
○ 企業トップの安全方針の明確化
○ 機械安全・設備安全意識の定着、実現
○ 機械安全専門家のスキルアップ
○ 機械安全技術者の長期的な育成及び活用計画の策定

機械ユーザ企業の行動指針
○ 企業トップの安全方針の明確化
○ 生産性向上と一体となった機械設備の安全化活動の推進
○ 機械安全技術者の長期的な育成及び活用計画の策定

産業界の行動指針
○ 企業トップへの安全普及活動の推進
○ 機械産業界の人材育成に対する支援
－安全専門家のスキルアップ機会の提供（プログラム提供）
－企業におけるプログラム開発の支援
（スキル基準の提供、安全専門家育成プログラムの作成・運用）

国の役割
○ 企業トップに対する安全への取り組みの動機付け
○ 企業の安全専門家育成への支援

図 3.3-1 各ステークホルダーに望まれる行動指針

3.3.1 機械製造企業の役割

機械製造企業の行動指針の中で、「機械安全専門家のミッションと明確な責務に応じた処遇」を示した。機械の本質的な安全を実現することは、機械製造企業の第一の責務であるといえるが、そのためには、企業内で機械安全専門家のミッションと責務を明確にし、その責務に応じて処遇することが必要とされる。現状では、企業内の人事制度において機械安全専門家のミッションを明確に定めている企業はまだ少なく、人事制度上の評価項目としても考慮されていない。機械安全専門家の育成を効果的に進めるためには、ミッションと責務の明確化と正当な処遇を行なうことは、非常に重要なポイントであると言える。

また、機械安全専門家の育成に直結する行動指針として、「社内の安全専門家のスキルアップ」を加えた。ここでは、社内における機械安全専門家の技術水準を向上することを目指し、そのために、実現可能な教育の機会を設けるとともに、長期的な教育育成と活用の計画を策定することとした。さらに、スキルアップに伴い、安全専門家の処遇を向上する仕組みを構築することを謳っている。

3.3.2 機械ユーザ企業の役割

機械ユーザ企業の行動指針においては、機械安全専門家の育成に関しては、基本的に機械製造企業と同様とした。

労安法の改正により、機械ユーザ企業に対して、使用する機械のリスクアセスメントが努力義務とされた。現状においては、リスクアセスメントを国際標準に準拠したレベルで、リスクアセスメント本来の目的を達成できている機械ユーザ企業は少ないと考えられるが、今後は社会的要求として国際標準レベルの機械安全を実現する必要性が高まることも予想され、それに伴い、機械安全専門家の重要性もより高くなると考えられる。

3.3.3 業界団体の役割

産業界においては、企業における機械安全の実現を促進する具体的な行動をとることが重要である。各企業において、機械安全専門家の地位の向上が求められるが、その前提として安全の価値を高めることが必要とされる。そのためには、業界団体が率先して企業の安全に対する意識の高揚に資する活動を行うことが有効と考えられる。

特に、各業界のリーディングカンパニーが中心となって、業界の安全性向上を目的として、率先して活動を促進することが求められる。

例えば、当該業界の製品特性に応じた対応をとるための指針を明確にする業界の自主行動計画や、人材育成計画を策定・運用することは、業界団体の役割の一つと考えられる。

更に、業界団体が行うべき役割として、安全専門家育成に係る基盤整備がある。安全専門家のスキルアップ機会の充実については、企業が主体となって実施すべき問題であるが、安全技術の高度化に伴い、従来の OJT などの企業の研修では育成できない部分も大きい。個々の企業での取り組みが難しい安全専門家育成プログラム等の作成や、産業界と大学を連携する仕組み構築の支援などについては、業界全体として取り組むべき課題であると考えられる。

3.3.4 大学の役割

大学においては、企業に技術者を供給する主体として、企業おける技術ニーズを踏まえた教育を行うことが求められる。具体的には、機械技術者として必要最低限の機械安全に関する基礎的な知識を身につけるための授業を提供することが必要となる。

更には、各企業で実施する機械安全専門家の企業研修等の支援を行うなど、業界を技術的側面から支援することが望まれる。特に、国際動向や、技術者に求められる倫理等、個々の企業で研修を行うことが難しい科目についても、大学の知見を活用した支援が望まれる。

3.3.5 国の役割

国には、企業における機械安全の実現について促進すること、すなわち社会全体として安全専門家の地位向上を図り、安全の価値を高める活動を推進していく役割があると考えられる。そのためには、国が率先して企業の安全に対する取り組みの充実及び意識の高揚に資する活動を行うことが望まれる。特に、企業トップに対する機械安全の啓発を、積極的に行う必要がある。

4. 機械安全人材の活用場面とミッションに関する検討

4.1 機械安全人材の活用場面とミッションに関する論点

平成 18 年度調査研究での検討事項を基に、本年度の検討部会において議論を進め、機械安全人材の活用場面とミッションを検討するにあたっての論点を整理した。以下に、整理した論点を示す。

＜機械安全人材の活用場面とミッションに関する論点＞

- 活用場面とミッションの詳細化
  - □ 平成 18 年度調査研究で提示されている機械のライフサイクルと機械安全専門家の役割（V 字モデル）に基づき詳細化の検討を行なう。
  - □ 職務権限の強化と人事評価制度のあり方についても考慮する。

4.2 機械のライフサイクルにおける機械安全人材の活用場面とミッション

平成 18 年度調査研究では、機械を製造または使用する企業を、「機械ユーザ」、「機械メーカ」、「コンポーネントメーカ」の 3 階層に分けて、機械のライフサイクルにおける機械安全人材の活用場面とミッションについてモデル化を行なった。

- 機械ユーザ

  機械設備を導入し生産に使用する企業等。

  機械設備メーカに機械設備の要求仕様を示して発注する。

- 機械メーカ

  機械設備ユーザからの発注を受けて、機械設備を製造し納入する企業等。

  機械設備を構成する部品やコンポーネントは、自分で生産するか、あるいはコンポーネントメーカに要求仕様を示して発注する。

  ここでは機械設備として、単体で機能する機械と、複数の機械で構成される大規模な生産システムの両方を考慮するものとする。

  機械設備ユーザに納入する段階の設置工事については、通常は機械設備メーカの下に設備施行業者が行う。

- コンポーネントメーカ

  機械設備を構成する部品やコンポーネントを製造する企業等。

  コンポーネントは、複数の部品で構成されることもある。

図 4.2 1に示すように、最上部の第1層は、機械を使用する機械ユーザとしている。機械ユーザは、機械を最終的に使用する立場であると同時に、使用する機械の要求機能をまとめて発注する立場でもあり、機械のライフサイクルのスタートとエンドに深く関係するため、第 1 層に位置することになる。

機械ユーザが機械を発注する機械メーカは、機械ユーザの下の第 2 層に位置づけられる。

機械メーカは、機械の全てを自社で製造するわけではなく、必要に応じて外部から調達したコンポーネントを使用して、機械を製造する。機械メーカからの発注を受けて、コンポーネントの製造を行うコンポーネントメーカを、このモデルでは第 3 層として位置づけられている。

モデルの中央に示す V 字は、左上からスタートし V 字の中央最下点に到達し、そこから右上に上昇する流れを示しており、これは機械のライフサイクルを表している。その中で、機械メーカと機械ユーザの境界において、3 層とは別に特別な層として機械メーカ側に「設備施工業者」が設定されている。設備施工業者は、機械メーカが機械ユーザに納品する際に、機械メーカの指示に従って施工を実施するものであるため、V 字型の右側半分だけに登場することになる。

つまり、機械のライフサイクルの各段階と、各階層と関との対応関係だけをまとめると表 4.2-1 のようになる。

表 4.2-1 ライフサイクルの各段階と組織

	段階	組織
1	要求仕様設計	機械設備ユーザ
2	概念設計	機械設備メーカ
3	詳細設計	機械設備メーカ
4	コンポーネント設計	コンポーネントメーカ
5	コンポーネント生産	コンポーネントメーカ
6	機械生産	機械設備メーカ
7	設備施工	機械設備メーカ＋設備施工業者
8	設備運用	機械設備ユーザ
9	設備保全	機械設備ユーザ
10	設備廃棄	機械設備ユーザ

機械設備のライフサイクルと組織の関係をV字型で整理し、次の段階として各段階において、機械安全技術者がどのような職務を担当することが求められているかを、人材部会での議論と、インタビュー調査を通じて洗い出して示したが、本事業の見直しの中で、機械ユーザの階層における設計側と運用側の関係について、人材部会の中で指摘があった。運用側（V 字右側）の特に「設備保全」の段階では、リスクアセスメント等の活動の中で、現状の機械について常に安全性の面か

ら評価を行なっており、その結果は機械ユーザの階層における「要求仕様設計」の段階にフィードバックされることになる、という点である。機械の安全性に関しては、より上流の設計段階、もしくはその前の仕様検討段階でできるだけ対策を行なうことが望ましく、運用側からの安全性評価結果は、要求仕様設計の段階でより積極的に採用することが求められる。そのことを、明確に示すために、V 字モデルの機械ユーザの階層において、「設備保全」から「要求仕様設計」にフィードバックする矢印を追加して明記することとした。

図 4.2 1 は、上記の点等について、人材部会で議論した点を反映し、修正を行なったV字モデルの図である。また、機械ユーザ、機械メーカ、コンポーネントメーカにおける、機械安全専門家の職種を整理し、表 4.2 2 に示す。

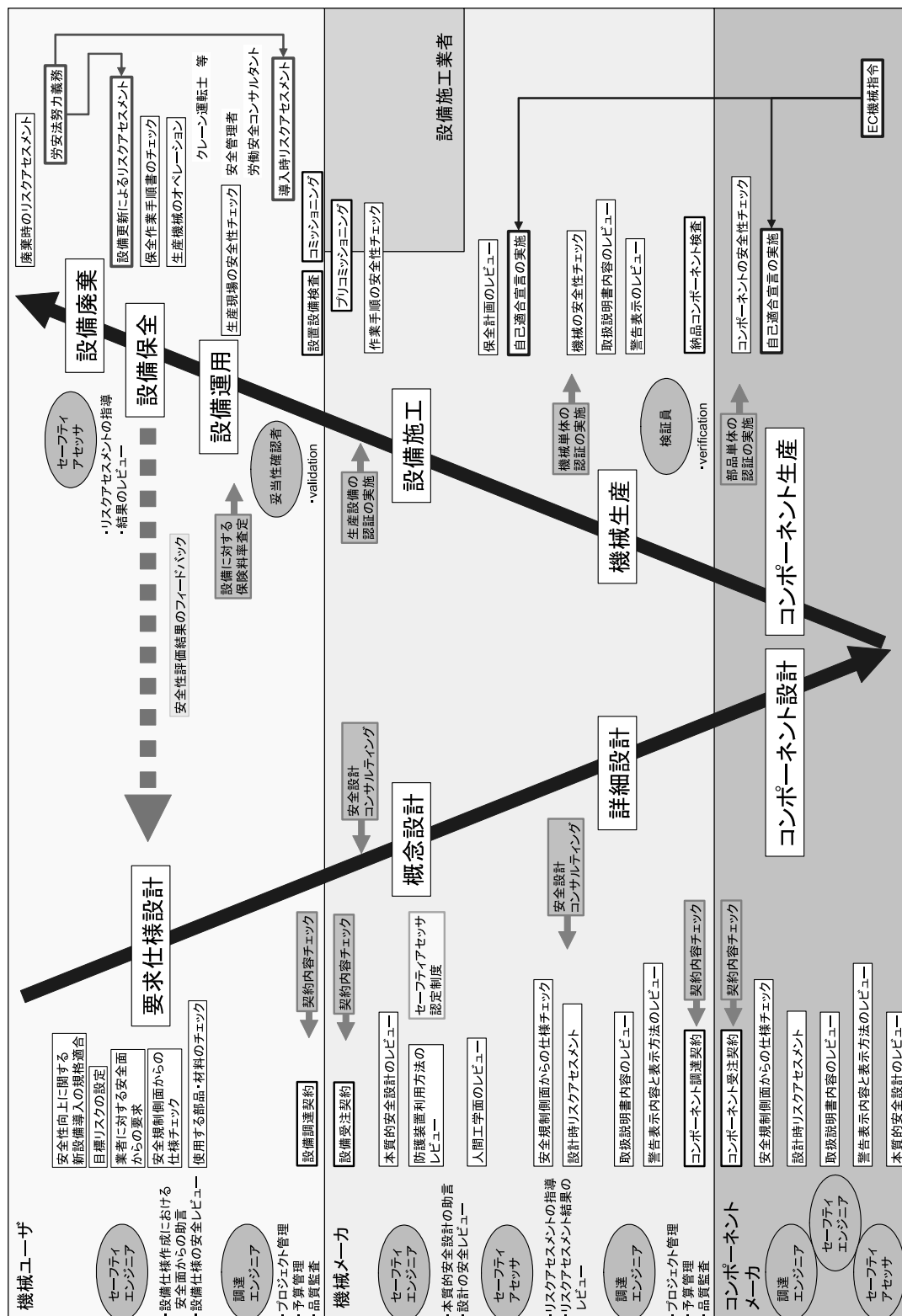



図 4.2-1 機械のライフサイクルにおける機械安全専門家の職務

表 4.2-2 各階層における機械安全専門家の職務について

機械安全専門家の職種	機械ユーザにおける職務	機械メーカにおける職務	コンポーネントメーカにおける職務
セーフティアセッサ	【職務】 ○導入している設備・コンポーネントの運用段階でリスクアセスメントを指導する。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。	【職務】 ○社内のリスクアセスメントの指導を行う。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。	【職務】 ○コンポーネント設計時のリスクアセスメントを行う。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。
	【期待される機能】 ○設備導入時、更新時のリスクアセスメント機能（労安法努力義務） ○廃棄時のリスクアセスメント機能	【期待される機能】 ○安全規制の側面からの仕様チェック機能 ○設計時のリスクアセスメント機能 ○人間工学面のレビュー機能	【期待される機能】 ○設計時のリスクアセスメント機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能
セーフティエンジニア	【職務】 ○機械設備・コンポーネントの要求仕様設計段階で、仕様作成において安全面からの助言や、設計レビューを行う。 ○導入している設備・コンポーネントについて、リスクアセスメントを実施し保全計画等を策定する。	【職務】 ○設計段階における本質的安全設計の助言を行う。 ○設計の安全レビューを行う。	機械メーカと同様
	【期待される機能】 ○安全性向上に関する新設備導入の規格適合チェック機能 ○目標リスクの設定機能 ○業者に対する安全面からの要求機能 ○安全規制の側面からの仕様チェック機能 ○使用する部品・材料のチェック機能 ○保全作業手順書のチェック機能	【期待される機能】 ○目標リスクの設定機能 ○本質的安全設計のレビュー機能 ○防護装置利用方法のレビュー機能 ○人間工学面のレビュー機能	機械メーカと同様
調達安全	機械設備・コンポーネントの調達の際に、調達・契約担当者に対して安全性の側面から支援を行う。		

エンジニア	【職務】 ○設備調達に関する契約について、安全性の側面から内容チェックを行う。 【期待される機能】 ○プロジェクト管理機能 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能	【職務】 ○設備製造受注の際の契約について、安全性の側面から内容チェックを行う。 ○コンポーネント調達に関して、安全性の側面から内容チェックを行う。 【期待される機能】 ○プロジェクト管理機能 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能	【職務】 ○コンポーネント受注の際の契約内容チェックを行う。 【期待される機能】 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能
検証員（ベリフィケータ）		【職務】 ○機械単体において要求事項に満たされていることを確認する。 【期待される機能】 ○納品されるコンポーネントの検査機能 ○機械の安全性チェック機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能 ○警告表示のレビュー機能 （○自己適合宣言の実施） ○保全計画のレビュー機能	【職務】 ○部品単体において要求事項に満たされていることを確認する。 【期待される機能】 ○コンポーネントの安全性チェック機能 （○自己適合宣言の実施） ○警告表示の内容表示方法のレビュー機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能
妥当性確認者（バリデータ）	【職務】 ○機械設備のライフサイクルにおいて、一つのシステムである機械設備の全体に関して安全要求事項仕様の全ての面が満たされていることを確認する。 【期待される機能】 ○設置される設備の検査機能 ○コミッショニング機能 （○設備に対する保険料率査定）		

4.3　機械安全専門家の育成と活用の必要性

4.3.1 現状における課題

我が国の機械産業の製造現場については、安全性に係わる課題が、まだまだ数多く存在している。人材部会での議論や、各委員に対するヒアリング調査に基づき、機械関連企業における課題を整理した。

- **安全に関する専門的な職務に対して、担当者のスキルが不足している。（職務の重要性が認識されずに、専門家不在のまま、現場担当者が兼任している。）**

  －職場の安全を管理する立場の労務管理者は、技術的な知識がない場合が多く、機械の安全設計等に言及することができない。【共通】

  －機械やコンポーネントの調達担当者が過去の経験に基づいて、リスクアセスメント及び契約等の業務を行っているため、機械ユーザ企業に対して技術的な要求仕様を提示することが難しい。【機械ユーザ企業／機械製造企業】

  －機械の調達に関する責任が製造現場技術者にある場合が多く、安全よりもコスト面を重視する傾向がある。【機械ユーザ企業】

- **安全専門家の社内的な位置づけ（ミッション）が明確になっていない。**

  －設計及び製造現場で安全担当者の役割・職務が社内的に明確化されておらず、十分な責任や権限が与えられていない。【共通】

  －機械やコンポーネントの設計に関して、設計の責任者と安全のレビュー者が独立して存在していない。又は安全責任者が不在であり、設計責任者がレビューを兼務している。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

  －機械やコンポーネントの製造現場で安全担当者が、製造現場に対して独立して意見を提示することができない。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

  －機械やコンポーネントの調達・契約担当者に技術的な知識がないことから、機械の製造企業に対して責任を負うことが難しい。【機械ユーザ企業】

- **積極的な安全専門家育成・活躍の機運がない**

  －製造現場における安全専門家の必要性が認識されていないことから、積極的な育成・活躍の機運がない。【共通】

  －従来、十分実施していなかったリスクアセスメントやリスクの説明について、職場での技術伝承を行うことが難しい。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

これらの現状や課題は、相互に関わりあうことにより、企業の安全性の低下を招いていると考えられる。

つまり現在、安全に関するスキル不足の現場担当者が兼務することより、生産性の向上やコストが重視され、安全性を高めるための技術の重要性が社内で醸成されにくくなる。そうした土壌の元では、安全専門家の社内的な地位が確立されず、安全専門家を指向する技術者が生まれにくくなる。更には全社的にそのような傾向が生じることで、積極的な人材育成が実行されないこととなる。

図 4.3-1 機械安全専門家活用・育成に係る現状の課題

4.3.2 企業価値上に向けた活動

企業が安全性低下のスパイラルにある場合、将来的に見て、企業存続を危ぶまれる自体となる可能性を認識することが求められる。また、企業における安全への取り組みが必要不可欠であるとともに、安全に関して社会への説明責任が求められている現状であることを、企業は理解することが必要とされる。そして、それに対応していくことが可能な企業は、企業価値を向上させることが可能となることを、我が国の産業界に広く浸透させることが求められる。

- **企業の社会的責任への要請**

現在、企業に対する安全の実現に係わる社会的責任の要請は非常に高まっている。しかも法令を遵守するに留まらず、企業がどのような姿勢で安全に取り組んでいるのか、という説明責任を果たすことが求められているといえる。

仮に機械関連企業が、コンプライアンスという言葉を「法令遵守」ととらえ、法令を守ればよい、という姿勢では、取引企業や株主、消費者など、様々なステークホルダーからの賛同が得られない可能性もある。

- **製造現場のグローバル化**

工場など製造現場のグローバル化が進み、機械製造企業においては、国内外の労働の安全性を実現するために、設備安全及び機械安全を実現することが求められている。労働者の高い技能やモチベーションの元に安全の担保を考えている場合、安全を実現することがより困難になる事態となりうる。

そのため、労働安全を実現するためには、機械安全・設備安全の面から抜本的に見直し、労働者の技能レベルにかかわらず安全の実現を担保することが求められる。

- **品質向上、生産性向上**

上記に加え、コスト競争のグローバル化が進むことで、より一層の生産性向上や品質向上が同時に求められているのが実情である。

海外においても、本質的な機械安全・設備安全について取組むことが結果的に、品質向上や生産性向上につながったとする先進事例が挙げられる。

本質的な機械安全・設備安全の実現による品質向上・生産性向上の取り組みは、安全専門家の重要性が認識されることも期待され、積極的な人材育成・活用の機運が生まれることとなる。

機械の安全性を向上するためには、これらの課題を相乗的に解決することが求められる。

- **労働安全から機械・設備安全への動き**

労安法改正により努力義務化された機械リスクアセスメントに関して、本来の目的を達成するためには、従来の労働安全からのアプローチではなく、国際的な共通認識に基づく機械安全のアプローチが必要とされる。

それを実現していくためには、機械・設備安全を担当する生産技術部門の機械安全専門家が中心となって、安全を推進していく体制を構築することが重要である。

図 4.3-2 機械安全専門家活用・育成を前提とした安全性向上イメージ

5. 提言・ガイドラインの作成

今回の調査研究に基づき、機械安全の実現、促進に取り組む企業の指針とすることを目的として、「機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）」（以下、ガイドライン）を作成した。作成したガイドラインについては、付録Aとして示す。

このガイドラインにおいては、企業トップの考え方や、企業における安全文化の普及等が、機械安全を実現するにあたっての重要なポイントとなることから、単なるマニュアルとして How To を示すものでなく、なぜそれが必要であり、その本質は何かを理解した上で取り組めるものにすることを目指した。また、企業の担当者が、機械安全を社内に普及したり、人材育成を進める際に利用することを想定し、具体的な人材計画を作成する手引きとして活用できるものとした。

以下にガイドラインの目次を示す。

6.1 機械設備のライフサイクルにおける機械安全専門家の職務

6.2 機械安全専門家の職務について

お わ り に

機械安全国際標準にも示される機械安全に対する基本的考え方は、ヨーロッパやアメリカだけではなく、日本を除くアジア諸国にも浸透してきており、国際的な共通概念となってきている。特に中国は、国策として国内の技術基準や制度に国際標準を積極的に取り込んでいる。

我が国の産業界では、従来は機械で安全を守るという考え方が薄かったため、現状でも機械安全国際標準の考え方は十分に浸透しているとは言えず、欧米に比べて機械の安全性に関しては低いレベルにあると言わざるを得ない。しかし、労働災害事故件数が下げ止まりの傾向を示し、逆に規模の大きな事故が数多く発生している現状においては、早急機械安全国際標準の考え方を我が国にも積極的に浸透させて定着することが必要と考えられ、そのためには機械安全専門家としての職務、機能を明らかにし、企業の生産活動において有効活用されることが重要である。これらの安全専門家が連携し機械安全構築の普及をはかり日本における作業環境をも考慮にいれた安全のための技術を確立していくことが国際的な競争力向上にも寄与すると確信する。

本事業において、機械安全専門家としての職務、機能を明確にし、「機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）」として示すことができたことは、今後の企業の生産活動における機械安全の一層の普及促進に貢献できるとともに、産業事故削減のためにも結びつくものと考えられる。

今回の調査が、日本における機械安全レベルの向上に、多少なりとも貢献することができれば幸いである。

付録 A

機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）

平成１９年度

機械安全の実現のための促進方策に係る調査研究

機械安全分野における安全専門家育成と有効活用に関する提言（ガイドライン）

平成20年3月

機械安全人材部会

社団法人 日本機械工業連合会

目　次

1章 はじめに

1.1 本ガイドライン作成の背景及び目的

我が国の機械産業界は、機能と品質の高さや優れた生産能力で世界のトップレベルを維持してきた。しかし、近年、国内機械産業のレベルを支えてきた熟練技能者の数が減少傾向にあること、アジア各国の生産技術水準が向上したことなどを受け、厳しい国際競争の場に直面している。わが国が国際市場において競争力を発揮し、国際市場をリードしていくためには、より低コストで高付加価値な製品を短期間で設計開発し生産していくことが必要となる。

機械の安全性確保については、国際的には欧米諸国が先導するかたちで ISO/IEC において機械安全の規格が体系的に作成されている。米国においては、NASA（Hand Book：System Safety）や米国国防総省の MIL-STD-882（System Safety Program）等において安全と品質を表裏一体のものとして運用されており、EU においては機械指令やニューアプローチ指令等における機械安全の思想において設計者、事業者の機械安全における責務が明記されている。

またアジア諸国でも、中国を筆頭として EU の標準化に従う動きがあり、わが国においても、国際的な流れである体系的な安全を取り入れる必要があるといえる。

一方、わが国の製造現場では多数の災害が発生しており、平成 18 年の労働災害（4日以上の休業）の約3割にあたる3．6万人が機械による災害であるとされている。機械事故には、安全対策が不十分なことに起因するものも多く、安全の取り組みの変革が必要とされてきている。

平成 18 年 4 月の労働安全衛生法改正により、生産設備として使用する機械に対してリスクアセスメントを実施することが努力義務とされたことにより、機械設備を製造するメーカ（以下、機械製造企業）と機械を使用する事業者（以下、機械ユーザ企業）との双方において機械安全の充実が求められることとなった。また、法改正を踏まえて、平成 19 年7 月に厚生労働省が公表している「機械の包括的な安全基準に関する指針」が改正されるなど、機械安全におけるリスクアセスメントの重要性が再認識されているところである。

その中で、機械安全に関して企業の先導者となるべき機械安全の専門家が、今まで以上に必要とされる状況になってきている。こうした背景を踏まえて、社団法人日本機械工業連合会では機械安全推進特別委員会及び、その下に機械安全人材部会を設置し、機械安全の専門家育成とその有効活用に向けた検討を進めてきた。

本ガイドラインは、機械安全の専門家育成とその活用に向けて、機械に係わる企業、業界、大学、国などが実施すべき内容について、提言としてまとめたものである。

1.2 本ガイドラインの構成

本ガイドラインでは、機械安全に係わるステイクホルダーとして「機械関連企業」のみでなく「業界団体」、企業に対して技術者や技術を提供する「大学」、産業振興及び労働安全の立場から機械安全を所管する「国」などを想定している。

本ガイドラインでは、2章において機械安全専門家の活用・育成の現状と課題を整理し、3章において各ステイクホルダーの行動指針と位置づけるガイドラインを示した。

更に、ガイドライン作成の基盤として検討した機械安全専門家の職務の定義やミッション、機械安全専門家育成プログラム（案）を5章に示した。

2章　機械安全専門家育成と活用の現状と課題
3章　機械安全に関わる安全専門家育成に向けた企業のガイドライン

4章　機械安全専門家の職務（役割）について
5章 機械安全専門家育成プログラム（案）

2章 機械安全専門家活用・育成の現状と課題

2.1 機械安全専門家の定義

本ガイドラインでは、「機械安全専門家」について、「機械安全を実現するための機能を有する技術者」と定義した。

具体的には、設計や生産、調達業務に携わりながら、安全に関する専門的な知識・能力・スキルを持って責務を全うする技術者を想定しており、専任職とは限定しない。以下、本文中で示す「機械安全専門家」については、専門家という人材ではなく、「職務・役割」を示すものとする。

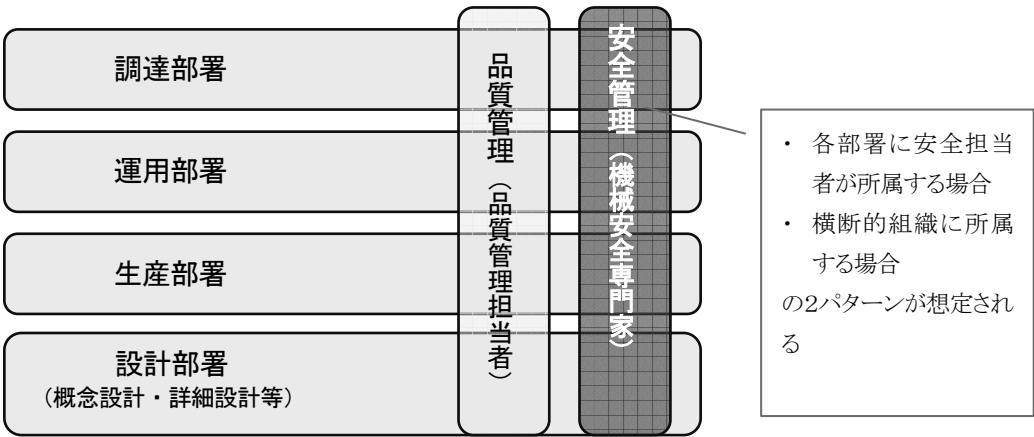



図１　機械安全専門家の定義

機械を製造又は使用する機械関連企業は、主に「機械ユーザ企業」、「機械製造企業」、「コンポーネント製造企業」の3層に構造化されていると考えることができる。

更に、各機械関連企業において機械安全を実現するためには、どのような機能が求められるか、という点について、機械のライフサイクルに沿って整理した。

‥機械のライフサイクルの流れ

業種
業務内容、機能
機械ユーザ企業
機械発注
機械製造企業に対する
機械設備の要求仕様の提示
契約書レビュー
機械設備の保全
機械設備の運用
発注・契約
納品・レビュ
機械製造企業
機械の概念設計
機械製造の安全設計
（本質安全設計、防護装置利用等）
機械の詳細設計
リスクアセスメントの実施
部品調達
部品製造企業に対する
要求仕様の提示
機械設備の施工
機械の生産
調達部品の検証
発注・契約
納品・レビュ
コンポーネント製造企業
機械部品の設計
安全設計及び設計の
リスクアセスメントの実施
機械部品の生産
労働環境の
リスクアセスメントの実施

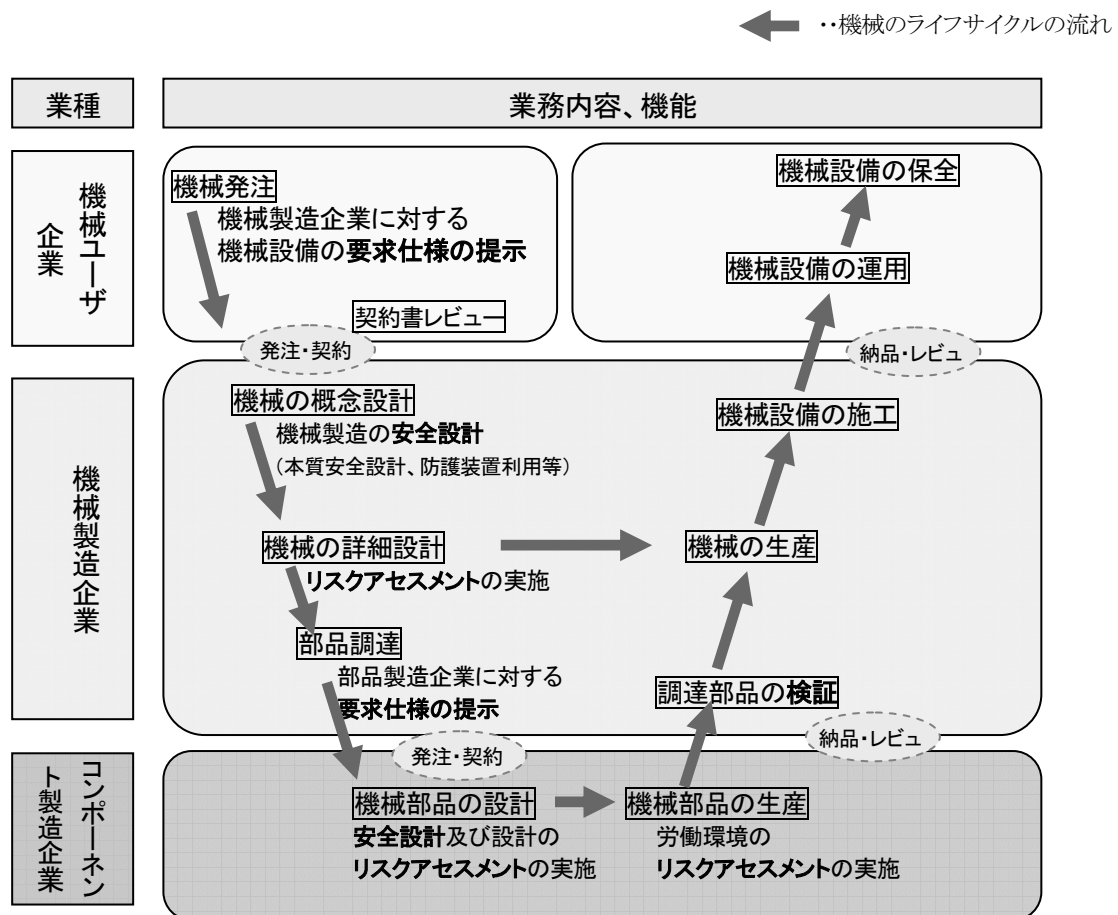



図２　機械のライフサイクルに伴う関連企業

「機械ユーザ企業」は、機械を使用して実際に作業を行う製造業であり、機械設備を製造する企業に対して機械の要求仕様を示して発注する。

「機械製造企業」は、機械設備をシステムとして受注し機械ユーザ企業に納品する製造業である。機械ユーザ企業の要求に応じて機械設備を製造するため、リスクアセスメントを行い残留リスクについて情報提供することが求められる。また機械の部品を調達するため、コンポーネント製造企業に対して安全要求仕様を示して発注する業務もある。

「コンポーネント製造企業」は、機械設備の製造業からコンポーネントの発注を受け、

詳細設計及びリスクアセスメントを実施する。また製造した調達部品を納品するとともに、残留リスクについて、情報提供を行う、などの機能が求められる。

本ガイドラインでは、この3層構造における機械安全専門家の職務を想定しながら、「機械ユーザ企業」と「機械製造企業」の大きく2つの立場に着目し、「コンポーネント製造企業」については、「機械製造企業」に集約した。

2.2 機械安全専門家の職務

上記の検討の結果、必要とされる職務として、下記の 5 つを定義する。各職務の具体的な内容は、4章において整理する。

表 1 機械安全専門家の職務の定義

機械安全に係る 機能名称	職 務
セーフティアセッサ※)	機械設計者が実施したリスクアセスメントの結果についてレビュー、及びアドバイスを行う。
セーフティエンジニア※)	機械設備・コンポーネントの要求仕様設計段階で、仕様作成において安全面からの助言や、設計レビューを行う。 設備運用段階において、導入されている設備のリスクアセスメントを実施する。
調達エンジニア	機械設備・コンポーネントの調達の際に、安全性の側面から契約締結と契約遂行の支援を行う。
検証員(ベリフィケータ)	機械設備のライフサイクルにおいて、各段階で示されている要求事項に満たされていることを確認する。
妥当性確認者(バリデータ)	機械設備のライフサイクルにおいて、一つのシステムである機械設備の全体に関して安全要求事項仕様の全ての面が満たされていることを確認する。

※)「セーフティアセッサ」及び「セーフティエンジニア」は、特に重要性が高いと考えられる機能

2.3 機械安全専門家の現状

機械産業の製造現場においては、現状でも安全性に係わる以下に示すような点が指摘されており、機械安全を実現する上で解決すべき課題が山積しているといえる。

以下に、機械関連企業の安全性向上に向けて、安全専門家活用、育成の現状と課題を整理した。

- 安全に関する専門的な職務に対して、担当者のスキルが不足している。（職務の重要性が認識されずに、専門家不在のまま、現場担当者が兼任している。）

  －職場の安全を管理する立場の労務管理者は、技術的な知識がない場合が多く、機械の安全設計等に言及することができない。【共通】

  －機械やコンポーネントの調達担当者が過去の経験に基づいて、リスクアセスメント及び契約等の業務を行っているため、機械ユーザ企業に対して技術的な要求仕様を提示することが難しい。【機械ユーザ企業／機械製造企業】

  －機械の調達に関する責任が製造現場技術者にある場合が多く、安全よりもコスト面を重視する傾向がある。【機械ユーザ企業】

- 安全専門家の社内的な位置づけ（ミッション）が明確になっていない。

  －設計及び製造現場で安全担当者の役割・職務が社内的に明確化されておらず、十分な責任や権限が与えられていない。【共通】

  －機械やコンポーネントの設計に関して、設計の責任者と安全のレビュー者が独立して存在していない。又は安全責任者が不在であり、設計責任者がレビューを兼務している。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

  －機械やコンポーネントの製造現場で安全担当者が、製造現場に対して独立して意見を提示することができない。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

  －機械やコンポーネントの調達・契約担当者に技術的な知識がないことから、機械の製造企業に対して責任を負うことが難しい。【機械ユーザ企業】

- 積極的な安全専門家育成・活躍の機運がない

  －製造現場における安全専門家の必要性が認識されていないことから、積極的な育成・活躍の機運がない。【共通】

  －従来、十分実施していなかったリスクアセスメントやリスクの説明について、職場での技術伝承を行うことが難しい。【機械製造企業／コンポーネント製造企業】

これらの現状や課題は、相互に関わりあうことにより、企業の安全性の低下を招いていると考えられる。

つまり現在、安全に関するスキル不足の現場担当者が兼務することより、生産性の向上やコストが重視され、安全性を高めるための技術の重要性が社内で醸成されにくくなる。そうした土壌の元では、安全専門家の社内的な地位が確立されず、安全専門家を指向する技術者が生まれにくくなる。更には全社的にそのような傾向が生じることで、積極的な人材育成が実行されないこととなる。

図３　機械安全専門家活用・育成に係る現状の課題

2.4 安全専門家育成・活用の必要性

企業が安全性低下のスパイラルにある場合、今後、企業存続を危ぶまれる自体となることを自覚するべきである。更に、企業において安全への取り組みが必要不可欠であるとともに、安全に対する社会への説明責任が求められている現状を理解する必要がある。

- **企業の社会的責任への要請**

現在、企業に対する安全の実現に係わる社会的責任の要請は非常に高まっている。しかも法令を遵守するに留まらず、企業がどのような姿勢で安全に取り組んでいるのか、という説明責任を果たすことが求められているといえる。

仮に機械関連企業が、コンプライアンスという言葉を「法令遵守」ととらえ、法令を守ればよい、という姿勢では、取引企業や株主、消費者など、様々なステイクホルダーからの賛同が得られない可能性もある。

- **製造現場のグローバル化**

工場など製造現場のグローバル化が進み、機械製造企業においては、国内外の労働の安全性を実現するために、設備安全及び機械安全を実現することが求められている。労働者の高い技能やモチベーションの元に安全の担保を考えている場合、安全を実現することがより困難になる事態となりうる。

そのため、労働安全を実現するためには、機械安全・設備安全の面から抜本的に見直し、労働者の技能レベルにかかわらず安全の実現を担保することが求められる。

- **品質向上、生産性向上**

上記に加え、コスト競争のグローバル化が進むことで、より一層の生産性向上や品質向上が同時に求められているのが実情である。

海外においても、本質的な機械安全・設備安全について取組むことが結果的に、品質向上や生産性向上につながったとする先進事例が挙げられる。

本質的な機械安全・設備安全の実現による品質向上・生産性向上の取り組みは、安全専門家の重要性が認識されることも期待され、積極的な人材育成・活用の機運が生まれることとなる。

機械の安全性を向上するためには、これらの課題を相乗的に解決することが求められる。

- **労働安全から機械・設備安全への動き**

労安法改正により努力義務化された機械リスクアセスメントに関して、本来の目的を達成するためには、従来の労働安全からのアプローチではなく、国際的な共通認識に基づく機械安全のアプローチが必要とされる。

それを実現していくためには、機械・設備安全を担当する生産技術部門の機械安全専門家が中心となって、安全を推進していく体制を構築することが重要である。

図４　機械安全専門家活用・育成を前提とした安全性向上イメージ

3章 機械安全に関わる安全専門家育成に向けた企業のガイドライン

3.1 概要

このガイドラインでは、機械安全を実現するためのステイクホルダーとして、「国」、「業界団体」、「機械ユーザ企業」、「機械製造企業」、「大学」を主な対象として想定した。機械安全に係わる各ステイクホルダーが以下のような取り組みを行うことで、機械安全の実現を推進することが期待する。

大学の行動指針
○ 機械安全専門家育成支援（育成プログラム開発、企業研修支援）
　－安全専門家育成プログラム等の作成
○ 機械産業界における安全への取り組みの動機付け

機械製造企業の行動指針
○ 企業トップの安全方針の明確化
○ 機械安全・設備安全意識の定着、実現
○ 機械安全専門家のスキルアップ
○ 機械安全技術者の長期的な育成及び活用計画の策定

機械ユーザ企業の行動指針
○ 企業トップの安全方針の明確化
○ 生産性向上と一体となった機械設備の安全化活動の推進
○ 機械安全技術者の長期的な育成及び活用計画の策定

業界団体の行動指針
○ 企業トップへの安全普及活動の推進
○ 機械産業界の人材育成に対する支援
　－安全専門家のスキルアップ機会の提供（プログラム提供）
　－企業におけるプログラム開発の支援
　（スキル基準の提供、安全専門家育成プログラムの作成・運用）

国の役割
○ 企業トップに対する安全への取り組みの動機付け
○ 企業の安全専門家育成への支援

図５　各ステイクホルダーに今後望まれる取り組み

3.2 機械製造企業の行動指針

機械の本質的な安全を実現することは、機械製造企業の責務である。

機械に係わる災害においては、身体に障害を残す重篤な災害が多いという特徴がある。しかし、一方では、機械製造の段階で体系的な安全対策を施すことにより危険性を低減させることが可能となる。すなわち、リスクアセスメントの実施、適切な保護方策の実施等について、知識を有した専門家が行うことで、事故を確実に低減することが可能である点を機械製造企業において理解を進め、行動に移すことが望まれる。

具体的には、各企業において以下のような目標を実現することが望まれる。

〇機械安全・設備安全意識の定着、実現

〇機械の本質的安全の実現

以下にこれらの目標を実現する上での、機械製造企業における行動指針を示す。

(1) 企業トップの安全方針の明確化

- 製品の安全についての一義的な責任が機械製造企業にあるという社会的責任を十分に認識し、経営の基本方針に「安全の確保」を掲げ、経営者自らの言葉として、その方針を具体化したメッセージを社員、取引企業の他、社会全体に発信すること。
- 労働安全衛生法及び指針によって提示されているリスク低減の取り組みを積極的に実施するとともに、機械ユーザ企業に対する責務について明確に社員に示すこと。

(2) 機械安全専門家のミッションの明確化と責務に応じた処遇

【機械安全・設備安全意識の定着、実現】

- 各社内において機械安全専門家の職務を明確化し、専門職種として処遇すること。
- 同時に機械安全に関する責任の所在を明確にするとともに、責任に応じた社内的な処遇を整備すること。
- 製造現場と独立した組織において、安全に対してレビューする第三者的な機能を整備すること。

(3) 社内の安全専門家のスキルアップ

- 社内における安全専門家の技術水準を向上すること。そのために、実現可能な教育の機会を設けるとともに、長期的な教育育成・活用計画を策定すること。
- スキルアップに伴い、安全専門家の処遇を向上する仕組みを構築すること。

3.3 機械ユーザ企業の行動指針

機械ユーザ企業においては、従業員及び取引企業の従業員、作業員等の安全を確保することが重要な責務である。そのためには、機械設備調達に際して、機械の本質的安全を求める一方、安全に関する技術力や知見に基づき機械製造企業に対して安全仕様に関する要求を行うことなどの具体的な行動が求められる。更に製造現場においても、従業員の安全を確保する責務があることは言うまでもない。

具体的には、各企業において以下のような目標を実現することが望まれる。

〇生産性向上と一体となった機械設備の安全化活動の推進
〇製造現場におけるリスクアセスメント及び機械安全・設備意識の高揚

以下にこれらの目標を実現する上での、機械ユーザ企業における行動指針を示す。

(1) 企業トップの安全方針の明確化

- 製品の生産コストの低減を追求するだけではなく、製造現場の安全を実現するという社会的責任を十分に認識し、経営の基本方針に「安全の確保」を掲げ、経営者自らの言葉として、その方針を具体化したメッセージを社員や取引企業の他、社会に対して発信すること。
- 労働安全衛生法及び指針によって提示されているリスク低減の取り組みを積極的に実施するとともに、企業の従業員に対する責務について明確に社員に示すこと。

(2) 生産性向上と一体となった機械設備の安全化活動の推進

【作業安全・労働安全から機械安全・設備安全への意識の変革】

- 機械ユーザ企業において、現在必要とされていることは、製造現場における安

全の実現において、機械安全・設備安全の意識を社内に浸透すること。

- 具体的には、安全を自助努力の作業安全のみに求める気風を排し、機械安全・設備安全の実現を求める気風を醸成すること。

(3) 機械安全専門家の社内的ミッションの明確化及び責務に応じた処遇

- 機械安全専門家の職務を明確化し、専門職種として処遇すること。
- 同時に機械安全に関する責任の所在を明確にするとともに、責任に応じた社内的な処遇を整備すること。
- 製造現場と独立した組織において、安全に対してレビューする第三者的な機能を整備すること。

(4) 安全専門家等のスキルアップ機会の充実

- 社内における安全専門家の技術水準を向上すること。そのために、実現可能な教育の機会を設けるとともに、長期的な教育育成・活用計画を策定すること。
- 更に、スキルアップに伴い、安全専門家の処遇を向上する仕組みを構築すること。

3.4 業界団体に求められる役割

産業界においては、企業における機械安全の実現を促進する具体的な行動をとることが重要である。各企業において、安全専門家の地位の向上が求められるが、その前提として安全の価値を高めることが必要である。そのためには、業界団体が率先して企業の安全に対する意識の高揚に資する活動を行うことが必要となる。

特に、各業界のリーディングカンパニーが中心となって、業界の安全性向上を目的として、率先して活動を促進することが求められよう。

例えば、当該業界の製品特性に応じた対応をとるための指針を明確にする業界の自主行動計画や、人材育成計画を策定・運用することが考えられる。

更に、業界団体が行うべき役割として、安全専門家育成に係る基盤整備がある。安全専門家のスキルアップ機会の充実については、企業が主体となって実施すべき問題であるが、安全技術の高度化に伴い、従来のOJTなどの企業の研修では育成できない部分も大きい。個々の企業での取り組みが難しい安全専門家育成プログラム等の作成や、産業界と大学を連携する仕組み構築の支援などについては、業界全体として取り組む

べき課題であると考えられる。

(1) 企業の安全専門家等のスキルアップへの支援の例

産業界における支援の例を以下に示す。

（例）

- 企業トップに対する安全活動への普及活動を行うこと。（フォーラム、セミナー等の実施など）
- 安全に対する取り組みの優良事例の公表・表彰
- 本ガイドラインで示す「機械安全概論」のカリキュラムについて会員企業の受講を支援すること。
- 大学と連携した企業研修プログラムを構築すること。
- 各企業においてスキルアップに伴い、安全専門家の処遇を向上することが可能なよう、スキル基準を設けること

3.5 大学に求められる役割

大学においては、企業に技術者を供給する主体として、企業おける技術ニーズを踏まえた教育を行うことが求められる。具体的には、機械技術者として必要最低限の機械安全に関する基礎的な知識を身につけるための授業を提供することが必要となる。

更には、各企業で実施する機械安全専門家の企業研修等の支援を行うなど、業界を技術的側面から支援することが望まれる。特に、国際動向や、技術者に求められる倫理等、個々の企業で研修を行うことが難しい科目についても、大学の知見を活用した支援が望まれる。

(1) 企業の安全専門家等のスキルアップへの支援の例

- 産業界と大学を連携する仕組みを構築するための支援を行う。例えば、大学院との単位互換制度を導入し、教育への動機付けとともに、安全専門家の社会的地位の向上に資することも想定される。
- 企業のニーズを把握した大学の講義の受講を、就職活動時のポイントにすることを業界団体に働きかける。

3.6 国に求められる役割

国には、企業における機械安全の実現について促進すること、すなわち社会全体として安全専門家の地位向上を図り、安全の価値を高める活動を推進していく役割があると考えられる。そのためには、国が率先して企業の安全に対する取り組みの充実及び意識の高揚に資する活動を行うことが望まれる。特に、企業トップに対する機械安全の啓発を、積極的に行う必要がある。

以下に、国が実施することを望まれる取り組み例の一部を示す。

(1) 機械関連企業トップに対する安全への取り組みの動機付け

- 企業トップに対する安全活動への普及活動を行うこと。（フォーラム、セミナー等の実施など）
- 国において機械関連企業の安全性向上に関する取り組みを評価し、数値化すること。更に、評価結果を公表し、安全性の高い企業については、社会的に認知、評価される仕組みを構築すること。
- 各企業における第三者的な安全レビュー組織の整備に対して支援を行うこと。
- 災害事例の公表、災害による損失等の数値化等により、業界の安全への取り組みを推進すること。
- 安全に対する取り組みの優良事例の公表・表彰

(2) 企業の安全専門家等のスキルアップへの支援の例

- 産業界と大学を連携する仕組みを構築するための支援を行うこと。例えば、大学院との単位互換制度を導入し、教育への動機付けとともに、安全専門家の社会的地位の向上に資することも想定される。
- 各企業においてスキルアップに伴い、安全専門家の処遇を向上することが可能なよう、業界団体等と連携してスキル基準を設けること。

4章 機械安全専門家の具体的な職務

本ガイドライン整理にあたって、機械安全専門家として必要とされる職務として、下記の 5 つを定義した。

セーフティアセッサ及びセーフティエンジニアについては、現在、大手企業の一部に存在する職務であり、今後、より専門性や客観性を担保した運用が求められるものである。セーフティアセッサとしての機能については、労働安全衛生法の改正(平成 17 年 4 月及び平成 19 年 7 月)によって、機械製造企業及び機械ユーザ企業にリスクアセスメントが義務づけられていることから、既に大手企業を中心に普及してきている。また、セーフティエンジニアとしての機能についても、社内規定等に基づいて設計レビューは各企業において実施されているが、作成者とレビュー者が同一組織であるなど、第三者性が担保されていない状況にあると考えられる。

二つの職務の他に、現状の我が国の産業界ではあまり例が見られないが、将来の機械安全専門家に求められる職務として、「調達エンジニア」、「検証員(ベリフィケータ)」、「妥当性確認者(バリデータ)」が考えられる。

表 2 機械安全専門家の職務の定義

機械安全に係る 機能名称	職　務
セーフティアセッサ※)	機械設計者が実施したリスクアセスメントの結果についてレビュー、及びアドバイスを行う。
セーフティエンジニア※)	機械設備・コンポーネントの要求仕様設計段階で、仕様作成において安全面からの助言や、設計レビューを行う。 設備運用段階において、導入されている設備のリスクアセスメントを実施する。
調達エンジニア	機械設備・コンポーネントの調達の際に、安全性の側面から契約締結と契約遂行の支援を行う。
検証員(ベリフィケータ)	機械設備のライフサイクルにおいて、各段階で示されている要求事項に満たされていることを確認する。
妥当性確認者(バリデータ)	機械設備のライフサイクルにおいて、一つのシステムである機械設備の全体に関して安全要求事項仕様の全ての面が満たされていることを確認する。

※)「セーフティアセッサ」及び「セーフティエンジニア」は、特に重要性が高いと考えられる機能

(1) セーフティアセッサ

既存設備のリスクアセスメントは、各工場等において社内の規定に従いハザードの洗い出しとリスクアセスメントを行い、安全専門家のアドバイスに対してリスクアセスメントの結果を見直して報告する。そして、報告結果に基づき、リスクアセスメントのレビューを実施することになっている。そのレビュー責任者は各工場の製造課長であることが多く、判断をする際に安全専門家からの意見を聞くことになっている。

企業としての説明責任を確実に果たすためには、できるだけ第三者の立場からのレビューであることが望ましく、その点では製造課とは独立した別組織に所属する立場にしてレビュー実施の責任を担うことが必要とされる。また、レビュー責任者とリスクアセスメントの専門家である安全専門家の役割分担（職務分担）等を明確にすることが必要である。

安全専門家の所属を製造課とは独立した組織として、第三者的な立場に置くことを実施することも考えられる。

(2) セーフティエンジニア

機械安全専門家には、安全専門家（Safety Engineer：SE）として、設計する新規設備の安全性に関して、社内での第三者的立場からチェックすることが期待されている。

新規設備の開発工程は、概念設計と、詳細設計の段階に分けられる。概念設計の段階では、設計課に所属する設計者には概念設計を実施する中で、本質的安全設計とリスクアセスメントを実施することが求められる。一方、安全専門家は、この段階でリスクアセスメントをベースにして、構築されるべき安全の（要求）レベルを確認することになる。その上で本質的安全設計のためのアドバイスを行うことが求められ、必要に応じて設計者との共同作業で機械安全を実現することになる。

また詳細設計の段階では、機械安全の技術者は、1）安全防護方策に関してアドバイスを行い、2）警告表示や取扱説明書の記述内容等についてのチェックを通じて情報提供に関するアドバスを行い、3）必要とされる認証制度の認証を取得し、4）海外に問題なく輸出できるために必要とされる事項について指摘を行うことが求められる。

概念設計、詳細設計の終了段階では、通常は社内の設計レビューが行われることが必要となる。その際、設計者によって行われたリスクアセスメントの結果について、妥当性の検証を行う機能が求められる。リスクアセスメントの結果について、不適当と考えられる点が発生した場合にはそれを指摘し、その解消を求める必要がある。

(3) 調達エンジニア

調達エンジニアは、機械設備・コンポーネントの調達の際に、安全性の側面から契約締結と契約遂行の支援を職務とする技術者である。特に欧米に導入する大型の機械設備やプラントにおいては、契約条件に安全性確保とその検証に関する多くの条項が含まれており、それを確実に満たして実行するためには安全に関する専門的な知識を持つ技術者が必要とされる。安全性確保の確保に関しては、それを確実に達成し証明しておかないと、納品検査時のトラブル発生の原因となり、企業にとっての大きな損害と結びつくため、契約の段階から安全の専門家の立場で契約内容についてチェックすることが必要である。

イギリスにはカウンティティサーベイヤー（Quantity Surveyors）という資格が存在し、技術的な面から契約書の契約条件をチェックする役割を果たしている。カウンティティサーベイヤーは技術と法律の両方を学ぶことが必要とされ、資格取得には経済、会計、工学の分野の試験に合格することが必要である。国内企業では必要に迫られて海外のカウンティティサーベイヤーを雇って、海外導入案件の契約書チェック等を依頼しているケースもあるようであるが、本来は自国内で人材の育成を進めるべきであると考えられる。調達エンジニアは、そのための第一歩として、活躍することが期待される。

(4) ベリフィケータ

「検証員(ベリフィケータ)」は検証（ベリフィケーション）を実施するもの、「妥当性確認者（バリデータ）」は妥当性確認（バリデーション）を実施するものである。検証とはJISでは、「客観的証拠を提示することによって、規定要求事項が満たされていることを確認すること。」[1]、IEC では、「要求事項が満たされていることを示す客観的証拠の調査及び提示による確認」[2]と定義されており、備考 2 として、「そのフェーズに対して規定された目的及び要求事項にあらゆる面で適合していることを実証する活動」と記されている。

これらのことから、検証員は、機械設備のライフサイクルの各段階において示されている要求事項に満たされていることを確認する役割、と考えることができる。

(5) バリデータ

妥当性確認に関しては、JIS の定義で、「客観的証拠を提示することによって、特定の

---

[1] JIS Q 9000:2006 品質マネジメントシステム―基本及び用語　本報告書付録資料 E に抜粋を示す。

[2] IEC 61508－4 電気式/電子式/プログラマブル電子式安全関連システムの機能安全性－第 4 部：定義及び略語　本報告書付録資料 E に抜粋を示す。

意図された用途又は適用に関する要求事項が満たされていることを確認すること。」[3]と定義されている。IEC では、「特定の意図された仕様のための具体的な要求事項が満たされていることを示す客観的証拠の調査及び提示による確認」[4]とされており、備考 3 として、「検討中の、又は据付け前後の安全関連システムが、そのシステムに対する安全要求事項仕様書に全ての面において適合することを実証する活動」と記されている。

このことから、妥当性確認者は、機械設備のライフサイクルにおいて、一つのシステムである機械設備（あるいはその組み合わせで構成される生産システム）の全体に関して、安全要求事項仕様の全ての面が満たされていることを確認する役割、と考えることができる。

検証員は主として機械メーカあるいはコンポーネントメーカが、自社の製品について要求事項に適合していることを証明する役割であり、ユーザ側において導入された機械設備のシステムを使用する安全性に関して確認する立場が、妥当性確認者であると考えられる。

---

[3] JIS Q 9000:2006 品質マネジメントシステム―基本及び用語　本報告書付録資料 E に抜粋を示す。

[4] IEC 61508－4 電気式/電子式/プログラマブル電子式安全関連システムの機能安全性－第。

5章 人材育成プログラム

業界団体や大学等が実施すべきであると考えられる、企業の機械安全専門家のスキルアップの支援策として、人材育成プログラムの提供が考えられる。

企業の機械安全専門家のスキルアップを目的として、以下の 2 つのカリキュラムを提案する。

- 専門職大学院　安全工学専攻のカリキュラム
- 大学の工学部等における「機械安全概論」のカリキュラム

5.1 専門職大学院　安全工学専攻のカリキュラム（案）について

専門職大学院　安全工学専攻のカリキュラムでは、機械安全専門家として熟知すべき共通の知識である工学的知識や国際規格、規制といった法律の知識に関する講義と、講義で学習した内容を実際に活用した実習を通じて、安全工学を体得し、実務に応用でき、本質的かつ創造的に安全に関する解決能力を養うことを目的とする。

例えばリスクアセスメントのケーススタディや安全認証業務の実習や、コンプライアンス、技術者倫理についての問題も講義で取り上げるとともに、国際社会に対応できる安全専門家を要請するために英語による講義やセミナーも設置する。

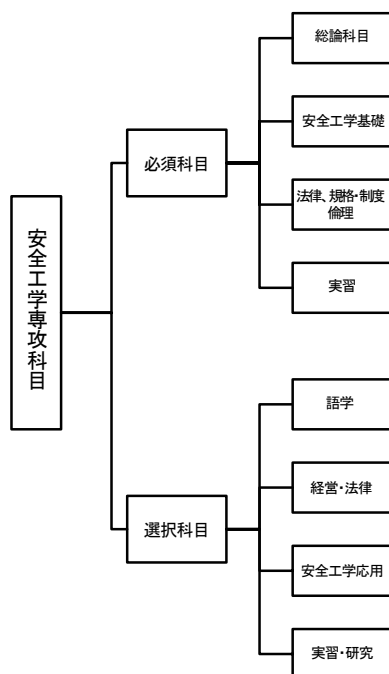



図 6　専門職大学院　安全工学専攻のカリキュラム（案）の体系

なお、専門職大学設置に関しては、専門職大学院設置基準（平成 15 年文部科学省令第 16 号）に従いカリキュラムを創案した。専門職学位課程の修了要件として、専門職大学院に二年以上在学し、当該専門職大学院が定める三十単位以上の修得その他の教育課程の履修により課程を修了することができる。

表 3 専門職大学院 安全工学専攻のカリキュラム(案)

	分野	科目	単位
必須科目	総論科目	機械安全概論	2
	安全工学基礎	機械安全設計	2
		システム安全	2
		安全認証	2
		リスクマネジメント	2
	規格・制度、法律、倫理	国際規格	2
		国内外法制度	2
		産業安全行政	2
		技術者倫理	2
	実習	安全工学基礎実習 1(リスクアセスメント実習)	2
		安全工学基礎実習 2(規格立案書・安全設計説明書作成実習)	2
		安全工学基礎実習 3(安全認証実習)	2
		安全工学基礎実習 4(組織安全管理実習)	2
小計			26
選択科目	語学	テクニカルコミュニケーション	2
	経営・法律	技術経営論	2
		貿易実務	2
		環境マネジメント	2
		知的財産権と特許	2
		損害保険	2
	安全工学応用	事故事例分析	2
		人間工学設計	2
		ヒューマンファクターズ	2
		信頼性工学	2
		防爆と防火	2
		騒音と振動	2
		電気安全工学 1(電磁気)	2
		電気安全工学 2(静電気、漏電)	2
		化学安全工学(危険化学物質)	2
		情報システム安全工学	2
	セミナー・研究	Safety Seminar	2
		修士論文研究 1	2
		修士論文研究 2	2
小計			38
合計			64

(2) 大学の機械工学系学科における「機械安全概論」のカリキュラム(案)

大学工学部の中で機械の設計、製造に関する教育を実施する学科として、機械工学科が挙げられるが、現在のカリキュラムでは、材料力学、流体力学といった力学やそれに対応した実験、製図、加工・工作といった実習は行われるものの、機械安全に関する教育は行われていないのが現状である。しかし、機械を設計する上で機械安全に関する知識は欠かせないのは、今までの議論で言うまでもない。そこで、機械工学系学科を対象とした、半期程度の機械安全のカリキュラムとして「機械安全概論」を提案する。

なお、「機械安全概論」は、社会人向け専門職大学院　安全工学専攻のカリキュラムの「機械安全概論」と同じ内容で、半期で機械安全に関する国際動向や必要とされるスキルの概論を説明し、簡単な演習も含める内容となっている。

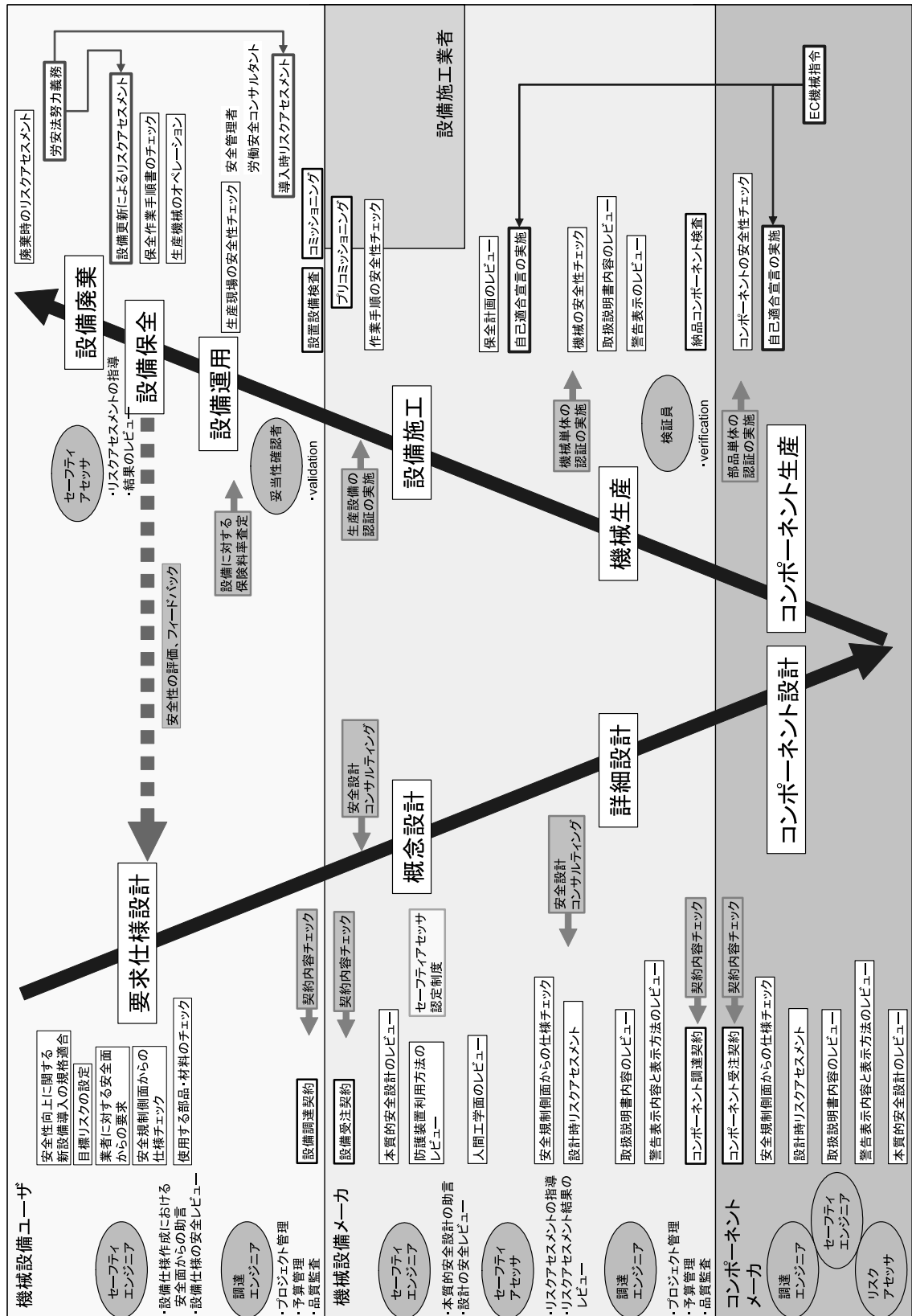
表 4 機械安全概論のカリキュラム(案)

機械工学系学科の学生を対象に、機械を設計する上で欠かせない安全に関する知識の全体像を教授するとともに、機械安全の国際的な動向と国内の現状を把握し、機械安全の重要性を認識し関心を深めるものする。

シラバス

1. イントロダクション(機械安全に関する現状)
2. 技術者倫理
3. 機械安全に関する国際規格
4. 国内外法制度
5. 安全認証
6. 機械安全設計
7. システム安全
8. リスクアセスメントとリスク低減方策
9. リスクアセスメント実習
10. 総括
11. 試験

評価:評価は出席数 20%　授業レポート 20%　実習レポート 20%　試験 40%とする。

6.1 機械設備のライフサイクルにおける機械安全専門家の職務

6.1 機械安全専門家の職務について

機械安全専門家の職種	機械ユーザ企業における職務	機械メーカにおける職務	コンポーネントメーカにおける職務
セーフティアセッサ	【職務】 ○導入している設備・コンポーネントの運用段階でリスクアセスメントを指導する。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。	【職務】 ○社内のリスクアセスメントの指導を行う。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。	【職務】 ○コンポーネント設計時のリスクアセスメントを行う。 ○リスクアセスメント結果のレビューを行う。
	【期待される機能】 ○設備導入時、更新時のリスクアセスメント機能（労安法努力義務） ○廃棄時のリスクアセスメント機能	【期待される機能】 ○安全規制の側面からの仕様チェック機能 ○設計時のリスクアセスメント機能 ○人間工学面のレビュー機能	【期待される機能】 ○設計時のリスクアセスメント機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能
セーフティエンジニア	【職務】 ○機械設備・コンポーネントの要求仕様設計段階で、仕様作成において安全面からの助言や、設計レビューを行う。 ○導入している設備・コンポーネントについて、リスクアセスメントを実施し保全計画等を策定する。	【職務】 ○設計段階における本質的安全設計の助言を行う。 ○設計の安全レビューを行う。	
	【期待される機能】 ○安全性向上に関する新設備導入の規格適合チェック機能 ○目標リスクの設定機能 ○業者に対する安全面からの要求機能 ○安全規制の側面からの仕様チェック機能 ○使用する部品・材料のチェック機能 ○保全作業手順書のチェック機能	【期待される機能】 ○目標リスクの設定機能 ○本質的安全設計のレビュー機能 ○防護装置利用方法のレビュー機能 ○人間工学面のレビュー機能	

調達エンジニア	機械設備・コンポーネントの調達の際に、調達・契約担当者に対して安全性の側面から支援を行う。		
	【職務】 ○設備調達に関する契約について、安全性の側面から内容チェックを行う。	【職務】 ○設備製造受注の際の契約について、安全性の側面から内容チェックを行う。 ○コンポーネント調達に関して、安全性の側面から内容チェックを行う。	【職務】 ○コンポーネント受注の際の契約内容チェックを行う。
	【期待される機能】 ○プロジェクト管理機能 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能	【期待される機能】 ○プロジェクト管理機能 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能	【期待される機能】 ○安全面の法的チェック機能 ○予算管理機能 ○品質監査機能
検証員（ベリフィケータ）		【職務】 ○機械単体において要求事項に満たされていることを確認する。	【職務】 ○部品単体において要求事項に満たされていることを確認する。
		【期待される機能】 ○納品されるコンポーネントの検査機能 ○機械の安全性チェック機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能 ○警告表示のレビュー機能 （○自己適合宣言の実施） ○保全計画のレビュー機能	【期待される機能】 ○コンポーネントの安全性チェック機能 （○自己適合宣言の実施） ○警告表示の内容表示方法のレビュー機能 ○取扱説明書内容のレビュー機能
妥当性確認者（バリデータ）	【職務】 ○機械設備のライフサイクルにおいて、一つのシステムである機械設備の全体に関して安全要求事項仕様の全ての面が満たされていることを確認する。		
	【期待される機能】 ○設置される設備の検査機能 ○コミッショニング機能 （○設備に対する保険料率査定）		

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

非　売　品

平成19年度
機械安全の実現のための促進方策に関する
調査研究報告書 1
－機械安全専門人材の活用及び育成方策に係る調査研究－

発　行　平成20年3月
発行者　社団法人　日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目5番8号
電話 ： 03-3434-5384